



La conception descendante appliquée à la réalisation concrète d'un maillage

Paul-Louis George

► To cite this version:

Paul-Louis George. La conception descendante appliquée à la réalisation concrète d'un maillage. RT-0052, INRIA. 1985, pp.55. inria-00070106

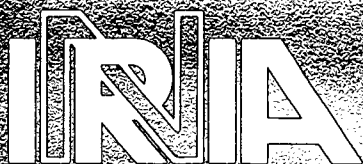
HAL Id: inria-00070106

<https://hal.inria.fr/inria-00070106>

Submitted on 19 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CENTRE DE ROCQUENCOURT

Rapports Techniques

N° 52

LA CONCEPTION DESCENDANTE APPLIQUÉE À LA RÉALISATION CONCRÈTE D'UN MAILLAGE

Paul Louis GEORGE ✍

Mai 1985

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
BP 105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél: (3) 954 90 20

**LA CONCEPTION DESCENDANTE APPLIQUEE A LA
REALISATION CONCRETE D'UN MAILLAGE.**

Paul Louis GEORGE

Mai 1985



PAPIER RECUPERE ET RECYCLE

Résumé :

La simulation numérique par la méthode des ELEMENTS FINIS du comportement du différentiel homocinétique, présenté par la suite, nécessite la construction de son maillage en éléments finis.

Nous présentons dans ce rapport, la façon de procéder pour obtenir le maillage de cette pièce et les différentes étapes à effectuer.

Cet exemple va nous permettre d'exposer la méthodologie utilisée et de passer en revue les différents modules nécessaires. En effet, ce maillage sera l'occasion de présenter les mailleurs BIDIMensionnels, les mailleurs TRIDIMensionnels et plus généralement les modules de traitement de maillage de la bibliothèque **MODULEF**.

Pour un lecteur expérimenté, ce rapport pourra paraître relativement élémentaire. Ce choix est volontaire et a été fait pour permettre à toute personne débutante de se familiariser avec les principales notions utiles pour réaliser un maillage.

Une annexe technique suit le rapport proprement dit et contient :

- les valeurs numériques précises utilisées.
- les programmes d'appel à écrire.
- les données à fournir pour certaines étapes.

Abstract :

The numerical simulation of the behaviour of the homocinetic differential by the Finite Element method needs its mesh generation.

In this paper, we present basic ideas to generate this mesh and we detail the different steps to do.

By the way, we display the methodology and we survey the different modulus used.

Building this mesh allow us to present all the bidimensional and tridimensional programs et more generally all programs dealing with mesh, included in the **MODULEF** library.

This paper is very simple because everybody, without great experiment, is supposed to start and to be accustomed with main tools and ideas used to build a general mesh.

A technical annex is proposed to point out the numerical values used.

SOMMAIRE

I Analyse de la géométrie

I.1. Premières observations

I.2. Analyse du dessus

I.2.1. Première observation

I.2.2. Analyse du 1/6 du dessus

I.2.3. Maillage 2D de la trace

I.2.3.1. Maillage 2D de la zone 1

I.2.3.2. Maillage 2D de la zone 2

I.2.3.3. Maillage 2D de la zone 3

I.2.4. Maillage complet de la trace

I.2.5. Réalisation pratique du maillage 2D

II Maillage 3D du dessus et du dessous

II.1. Montée verticale

II.1.1. Le socle du dessus

II.1.2. Le cylindre du dessus

II.1.3. Le 1/6 du dessus

II.2. Le dessus en totalité

II.3. Le dessous

III Maillage 3D du joint

III.1. Analyse du joint

III.1.1. Premières observations

III.1.2. Analyse du 1/24 du joint

III.2. Premier élément grossier

III.2.1. Topologie et géométrie

III.2.2. Maillageur

III.2.3. Le découpage du premier élément grossier

III.3. Les autres éléments grossiers

III.4. Maillage du joint

Annexe technique

I ANALYSE DE LA GEOMETRIE :

I.1 Premières observations :

Le but de cette analyse est de limiter au strict minimum l'ensemble à mailler, en utilisant les répétitivités géométriques existantes.

Pour cela on recense les symétries , rotations , etc ... présentes dans la pièce. La géométrie considérée est évidemment une approche aussi fidèle que possible de la géométrie réelle .

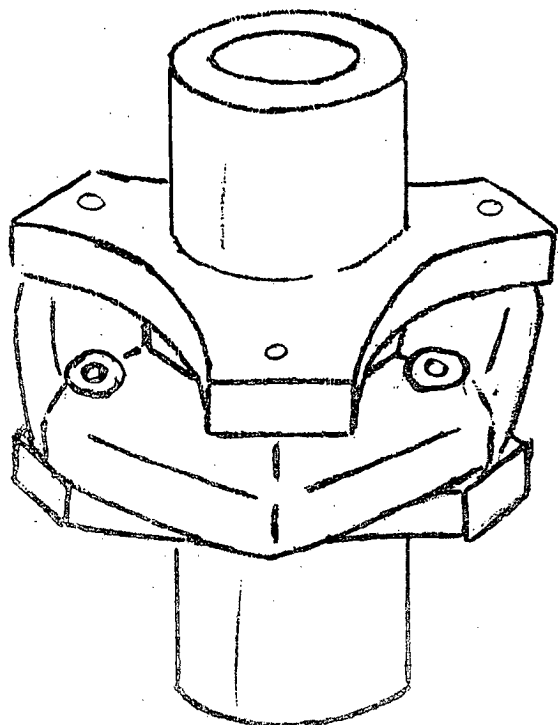


figure 1

ensemble de la
pièce
(perspective)

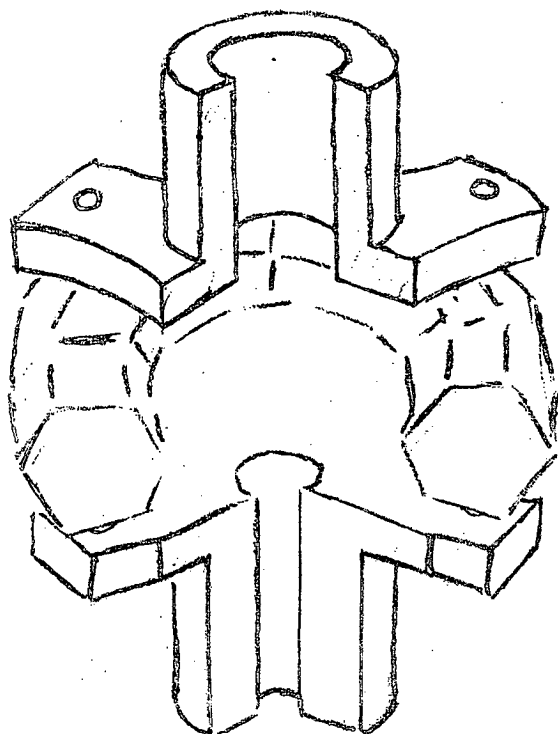


figure 2

ensemble de la
pièce
(coupe)

Ainsi la pièce se décompose en 3 parties :

- le dessus
- le dessous
- le joint de caoutchouc entre ces 2 parties

Le dessous est identique au dessus au diamètre du trou intérieur près.

On ne maillera que le dessus, puis on en déduira le dessous par simple modification des paramètres définissant le trou intérieur.

I.2 Analyse du dessus :

I.2.1 Première observation :

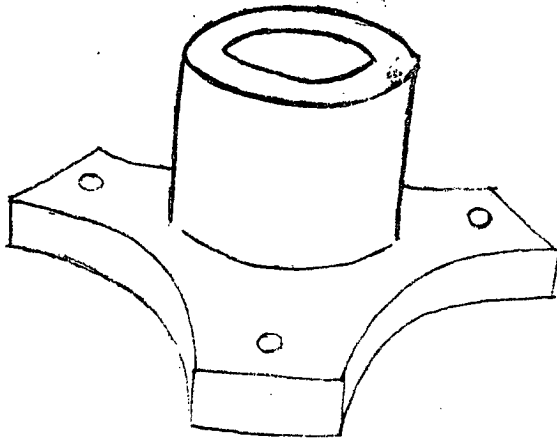


figure 3

le dessus
(perspective)

Il est clair que les symétries et rotations existantes permettent de ne traiter que le 1/6 de cette partie.

I.2.2. Analyse du 1/6 du dessus :

On cherche la meilleure méthode de maillage pour cette partie. Un maillage composé de couches d'éléments dont la trace sur un plan de coupe est identique convient à cette géométrie .

Il suffit donc de mailler la trace sur un plan de cette partie, nous sommes ainsi ramener à réaliser un maillage en dimension 2. [104]

Ensuite un empilement de couches de trace ce maillage en dimension 2, permet d'obtenir le maillage en dimension 3 .[10]

On découpe cette partie en zones géométriquement simples et adaptées aux maillages disponibles .

Trois zones sont déterminées :

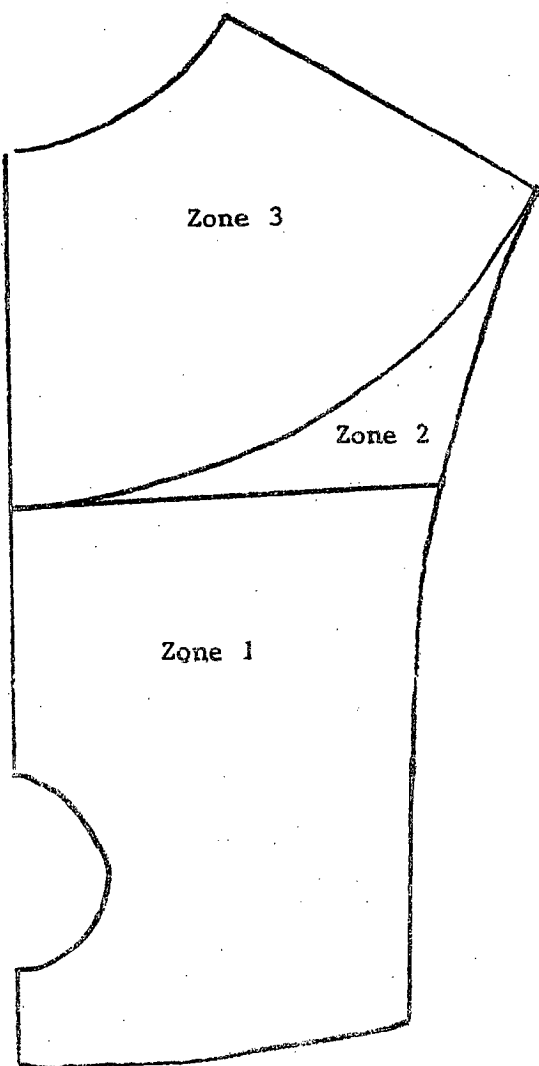


figure 5

les 3 zones
simples

Dans le but de montrer l'utilisation des maillages 2D (rapidement vus ci-dessus) on fait le choix suivant, qui sans être unique est raisonnable :

I.2.3. Maillage 2D de la trace :

La géométrie de cette trace fait l'objet de la figure 4

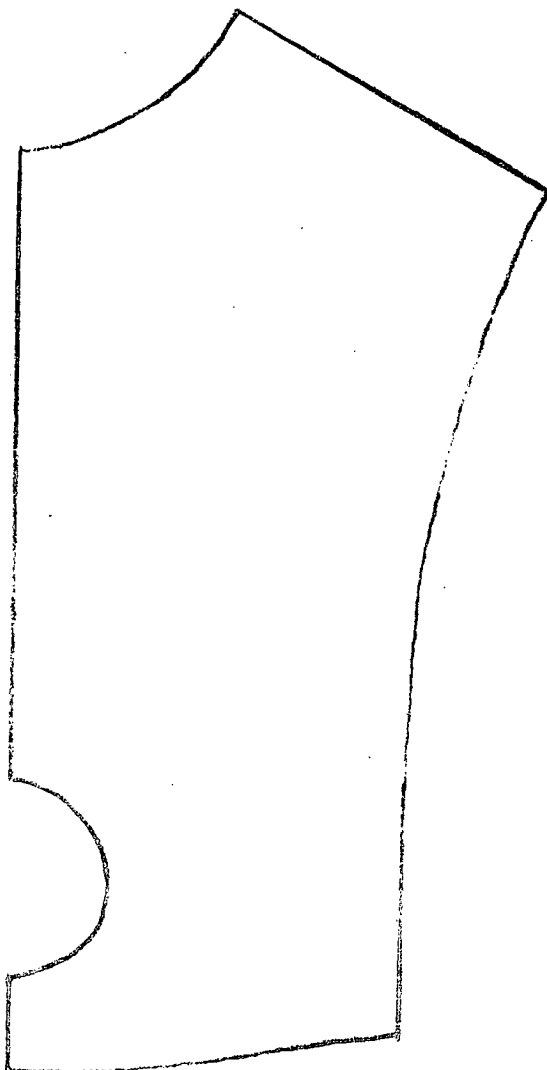


figure 4

tracé 2D
(le contour)

```
*****
+   trois MAILLEURS 2D sont disponibles :                               +
+                                                                           +
+   - donner tous les éléments composant le maillage                     +
+   - mailler un quadrilatère généralisé à partir d'une répartition de    +
+     points sur son contour                                              +
+   - mailler un domaine de contour quelconque à partir d'une           +
+     répartition de points sur celui-ci                                 +
*****
```

zone 1 : QUACOO [104] : on considère qu'il s'agit d'un
quadrilatère généralisé.

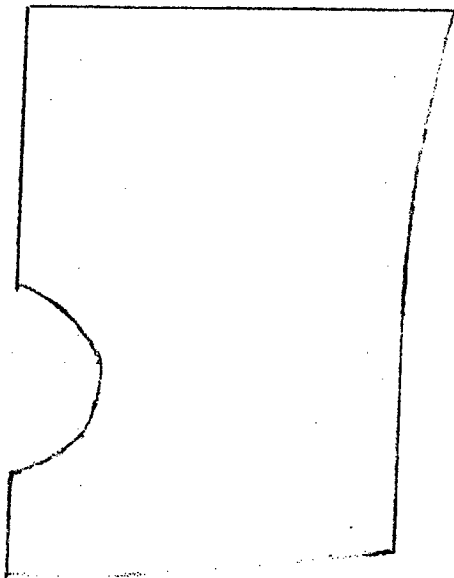


figure 6

quadrilatère
zone 1

zone 2 : CONOPO [104, 99] : maillage "manuel"

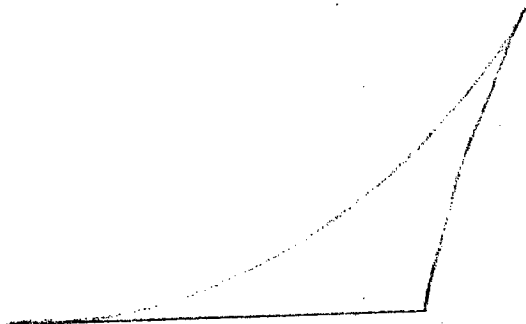


figure 7

zone 2

zone 3 : TRIGEO [104] : maillage automatique en triangles
d'une pièce de contour quelconque.

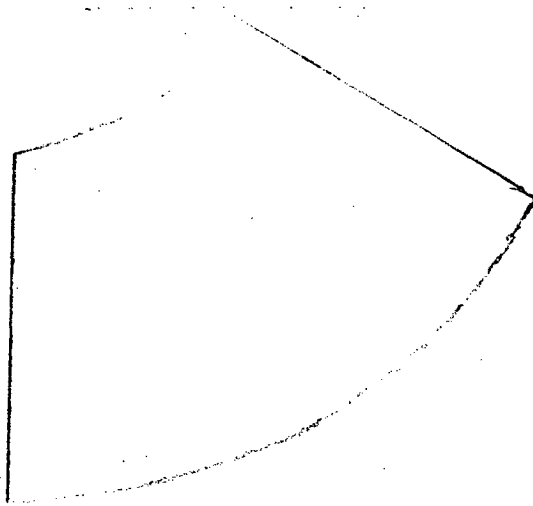


figure 8

zone 3

(Remarque : QUACOO convient également car le contour n'est pas vraiment
si quelconque !)

Observons que la zone 3 a été séparée des autres afin de permettre
la "montée" du cylindre central sans problèmes de recollement au niveau
de la ligne et des faces correspondantes séparant les zones 2 et 3.

I.2.3.1. Maillage 2D de la zone 1 :

++++
+ Le mailleur QUACOO consiste à ramener la figure à traiter sur un +
+ vrai quadrilatère , à découper canoniquement celui-ci , puis à +
+ transporter le maillage obtenu sur la pièce réelle. +
++++

La figure 9 présente le schéma correspondant à cette méthode

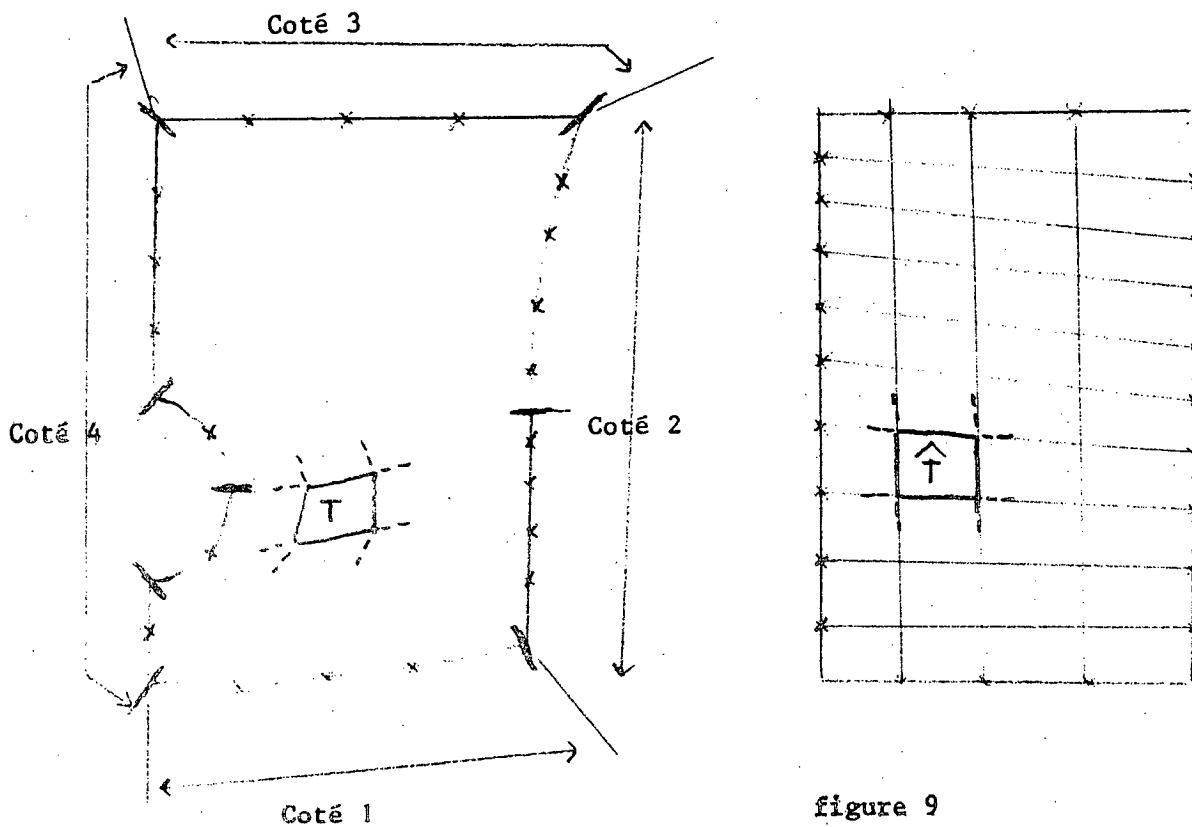


figure 9
quacoo

Le module créé de cette manière des quadrangles qu'il est loisible de découper en triangles selon différents choix.

Il convient de définir topologiquement 4 cotes et de mettre le même nombre de points sur les côtés se faisant face .

D'un point de vue pratique il faut :

- générer les points caractéristiques du contour

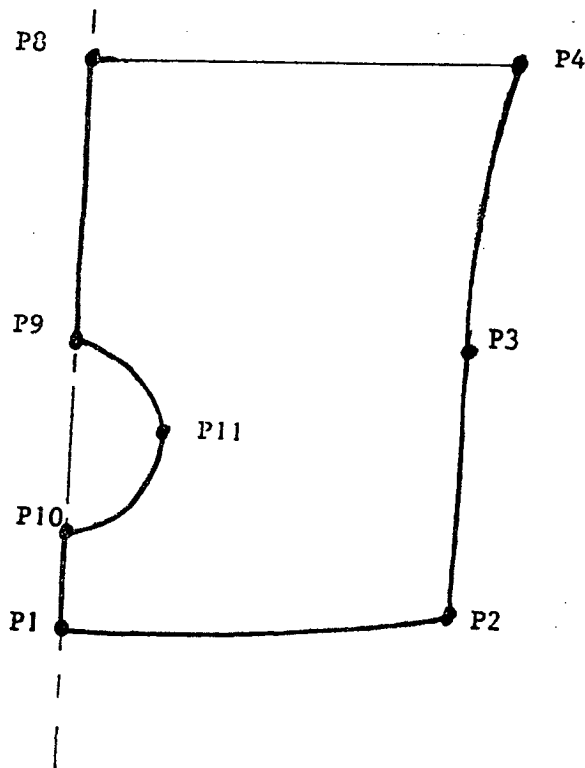


figure 10

points caracté-
ristiques

(cf annexe technique pour la numérotation des points et I.2.5).

Les POINTS CARACTERISTIQUES représentent le nombre minimal, autant que faire ce peut, de points nécessaires à la définition de la partie considérée. Ils peuvent servir également à définir le contour de cette partie via la notion de lignes (voir ci-dessous) .

Certains maillleurs utilisent le contour de la partie à traiter, tandis que d'autres ne nécessitent que la donnée de points caractéristiques.

Le maillleur QUACOO utilise le contour, comme précisé ci-dessous .

- générer les lignes et leur points

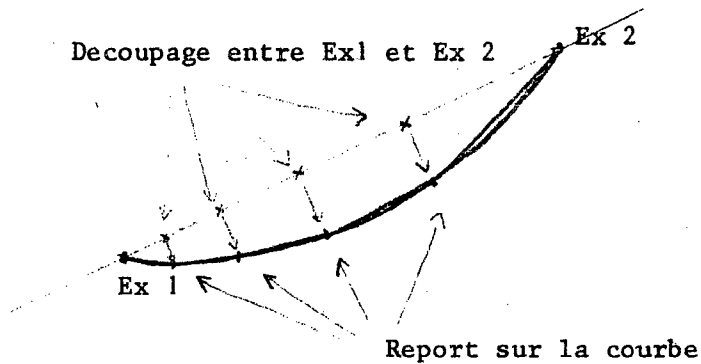


figure 11

une des lignes

Chaque LIGNE joint 2 des points caractéristiques créés ci-dessus. Elle possède ou non des points intermédiaires répartis selon diverses options . On précise ainsi le nombre de points intermédiaires à créer, leur répartition (équidistance ou progression géométrique) et leur position géométrique sur une courbe donnée ou sur la droite joignant les 2 extrémités.

On définit autant de lignes que nécessaires pour décrire correctement le contour.

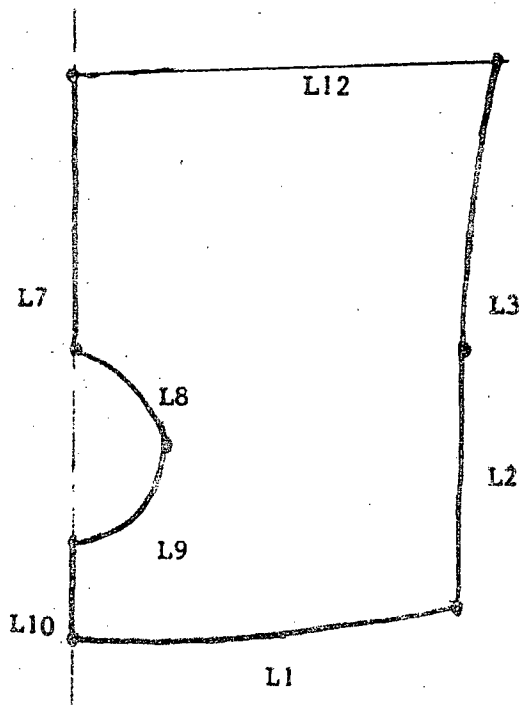


figure 12

les lignes

(cf annexe technique pour la numérotation des lignes et I.2.5.)

Les points du contour sont alors déterminés. Ce sont :

- des points caractéristiques
- les points générés sur les lignes

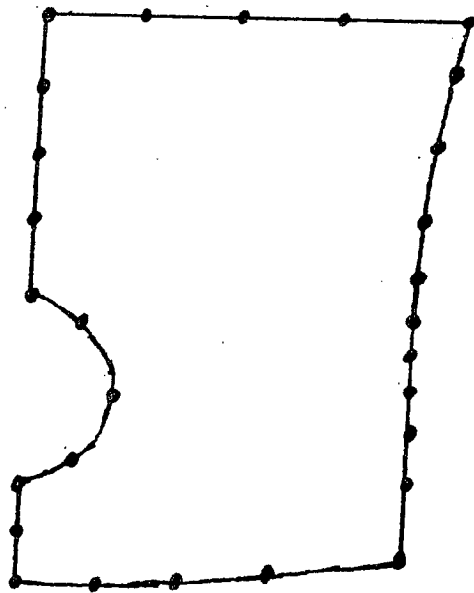


figure 13

les points du
contour

- définir alors les 4 "côtés" du contour par réunion des lignes voulues

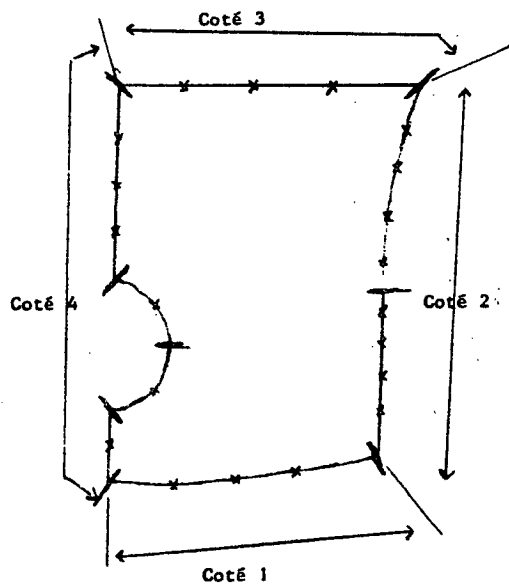


figure 14

les 4 côtés

La définition de ces côtés est purement topologique, elle doit néanmoins être cohérente ; en particulier il doit y avoir le même nombre de points sur les côtés se faisant face.

Ceci est réalisé en choisissant correctement le nombre de points sur les lignes constitutives de chaque côté.

- le module de maillage est alors active

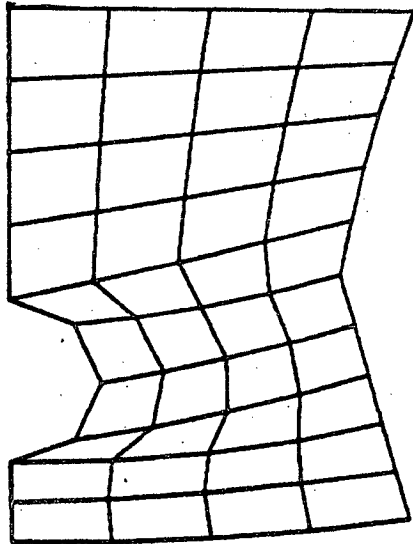


figure 15

maillage de la
zone 1

I.2.3.2. Maillage 2D de la zone 2 :

Cette zone est decoupée en 2 éléments triangulaires grossiers.

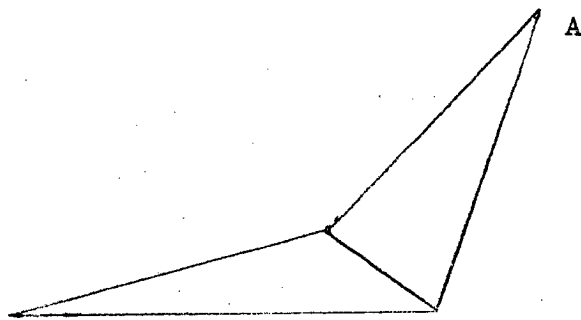


figure 16

les 2 éléments
grossiers

La présence de cette zone se justifie par la géométrie particulière au voisinage du point A (figure 16).

+ Le mailleur CONOPO nécessite la donnée de chaque élément le consti- +
+ -tuant . +

Un élément est défini par ses sommets qui sont des points caractéristiques.

On fournit donc :

- 5 points caractéristiques
- les 2 éléments grossiers

Le module CONOPO [104-99] réalise ce maillage dont les éléments sont redécoupés en triangles de telle sorte qu'il y ait raccord naturel avec la zone 1 (i.e même nombre de points sur la ligne de raccord et même position de ces points)

+ Le module RETRIN [104-99] redécoupe chaque élément grossier en $n \times n$ +
+ éléments de même type en s'appuyant le cas échéant sur les lignes du +
+ contour +

Ici le maillage résultat s'appuie sur la ligne de raccord ainsi que sur la ligne L .

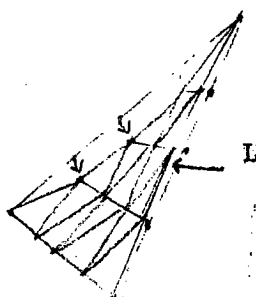


figure 17

maillage de la
zone 2 (son
premier élément)

Remarque : A partir de très peu de données (en nombre minimal et sans répétition) on a construit un nombre d'éléments conséquent.

I.2.3.3. Maillage 2D de la zone 3 :

Cette zone a en commun avec la zone 2 deux lignes (formellement), celles-ci doivent donc apparaître ici, permettant le recollement correct de ces 2 zones.

On procède alors de manière analogue à I.2.3.1. :

- générer les points caractéristiques du contour

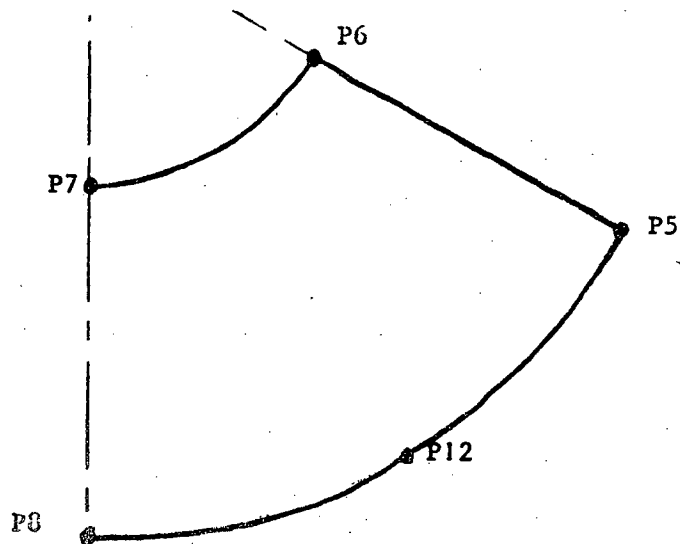


figure 18

les points
caracteristiques

- générer les lignes et leurs points :

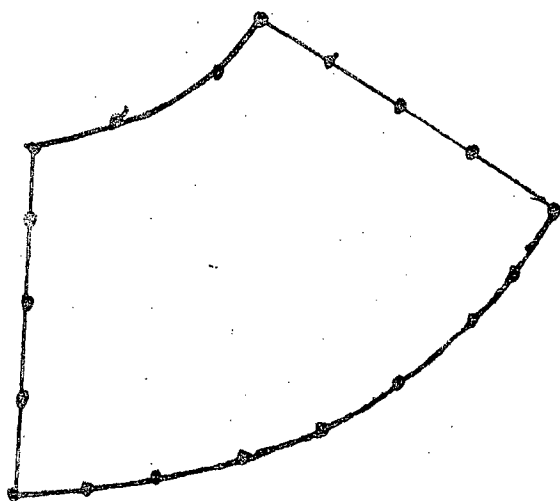
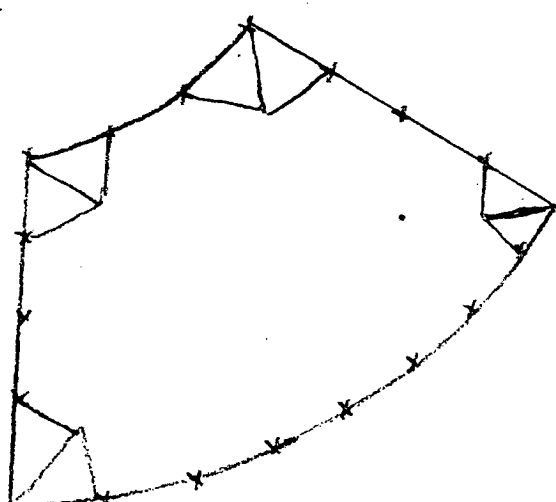


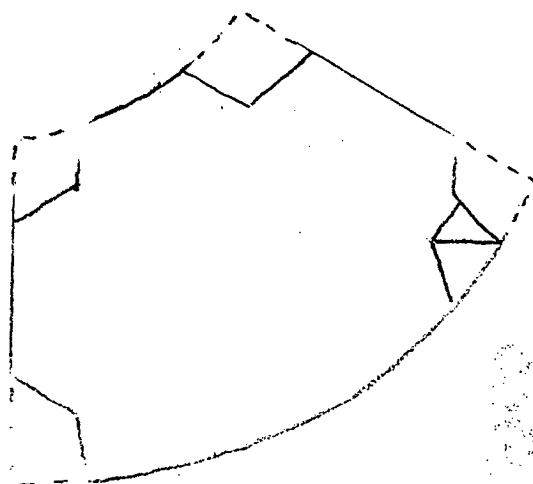
figure 19

les points du
contour

Remarque : le nombre et la répartition des points sur le contour ne sont pas imposés par le mailleur (voir page suivante) mais le sont par la nécessité de recoller cette zone avec la zone 2.

[illegible]

maillage de la
zone 3



```

+*****+
+   Le mailleur TRIGEO procède à une analyse des points et des arêtes +
+ du contour. Celle-ci prend en compte les distantes entre points +
+ consécutifs et les angles entre arêtes consécutives. A partir des +
+ résultats de cette analyse des éléments frontaliers sont créés . +
+ En enlevant chaque élément créé on redéfinit un nouveau contour et +
+ le même processus est active jusqu'à ce que l'ensemble soit complète- +
+ ment maillé. +
+*****+

```

I.2.4. Maillage 2D de la trace

Pour obtenir le maillage 2D de la trace il suffit de recoller les 3 maillages précédents.

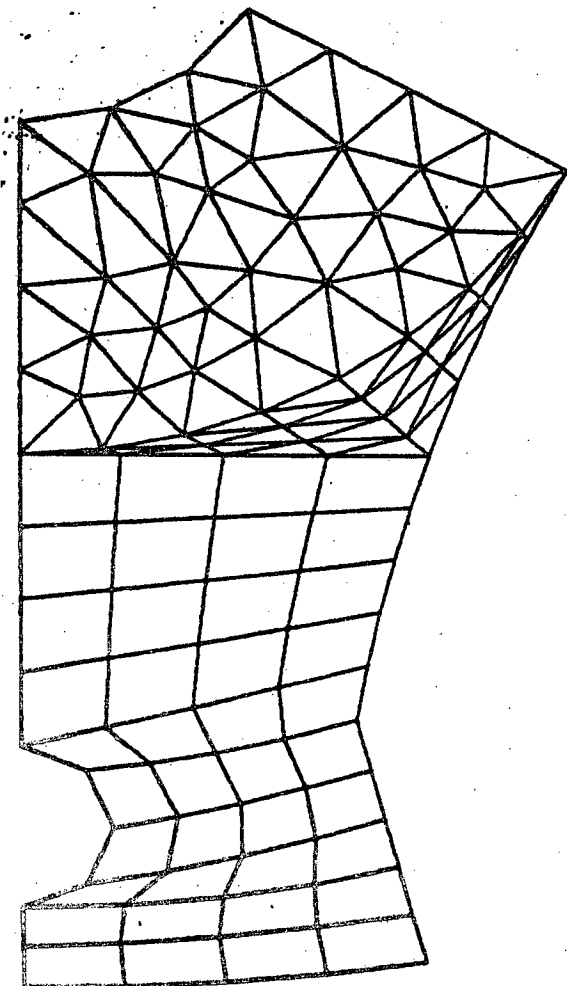


figure 21

maillage 2D de
la trace

En fait on prend soin de conserver 2 maillages :

- la totalité (zone 1 + 2 + 3)
- une partie seulement (zone 3)

Cette distinction sera utilisée par la suite lors du passage au maillage 3D .

I.2.5. Réalisation pratique du maillage 2D :

Afin de minimiser le nombre de données à fournir, les 3 zones sont maillées en même temps.

On génère donc :

- tous les points caractéristiques mis en évidence plus haut
- toutes les lignes intervenant

Ainsi points et lignes communes à plusieurs zones ne sont donnés qu'une seule fois .

A partir de ces données on active chacun des mailleurs, on recolle les zones entre elles et on sauve sur fichier les maillages intéressants.

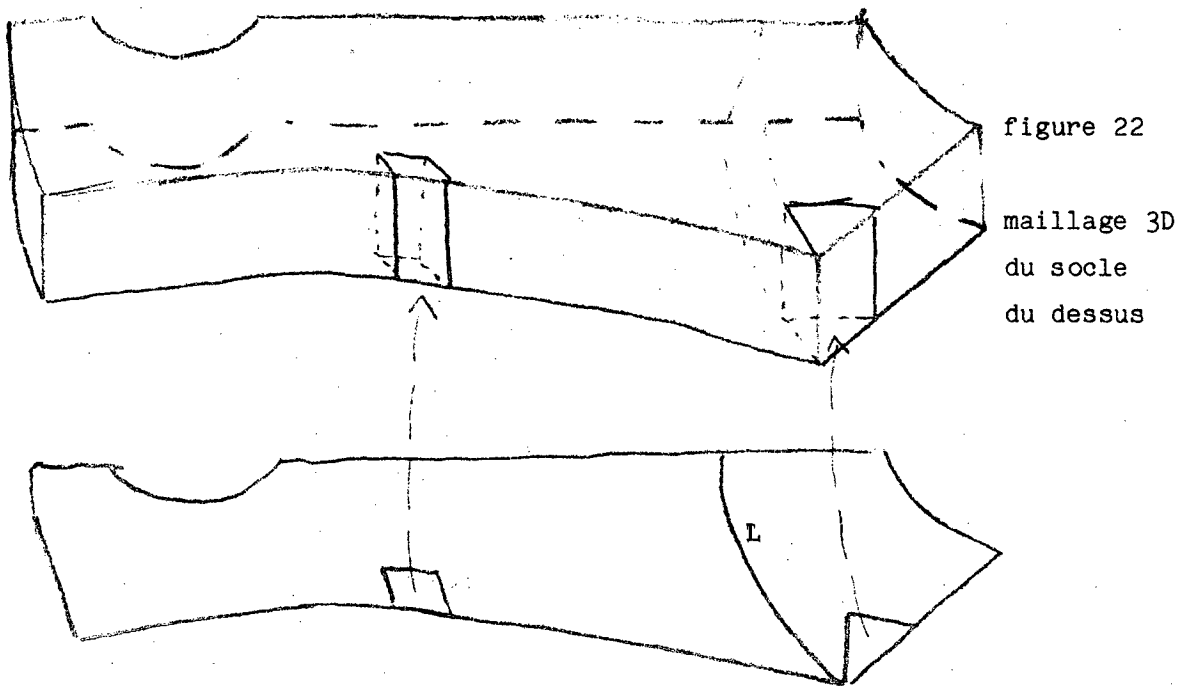
En annexe le fichier des données contenant toutes ces informations est listé.

De plus, en regard, des dessins explicatifs sont joints.

II. MAILLAGE 2D DU DESSUS ET DU DESSOUS

II.1. Montée verticale :

II.1.1. Le socle du dessus :



+ Le mailleur MA2D3D [10] permet de construire une ou plusieurs couches +
+ d'éléments 3D à partir d'un maillage 2D. +

On construit ici une couche à partir du maillage 2D de la trace.

Remarquons que la ligne L (figure 22) et la face correspondante existent de fait à cause de la façon dont on a construit le maillage 2D précédent.

II.1.2. Le cylindre du dessus :

Le même processus permet de générer le maillage en n couches du cylindre, à partir de la zone 3 dont on a pris soin de conserver le maillage comme mentionné ci-dessus.

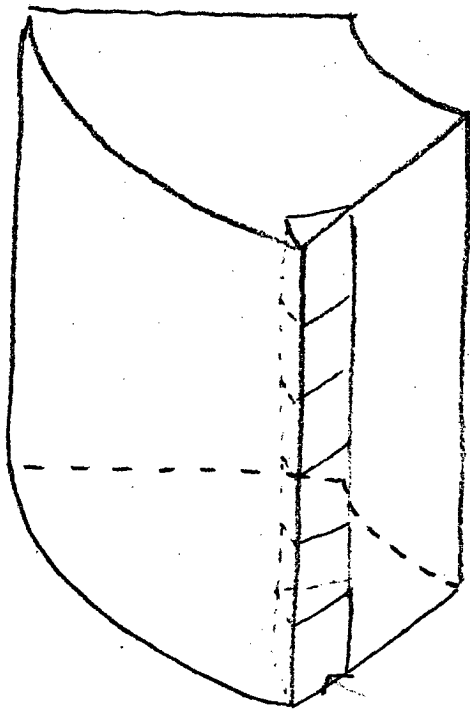
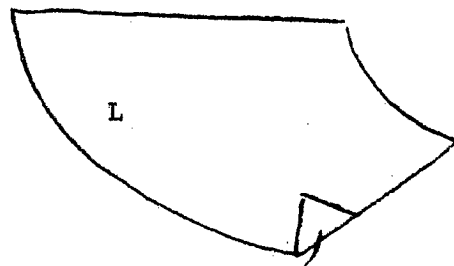


figure 23

maillage 3D
du cylindre



II.1.3. Le dessus

Le maillage du dessus est alors le simple recollement des 2 maillages précédents.

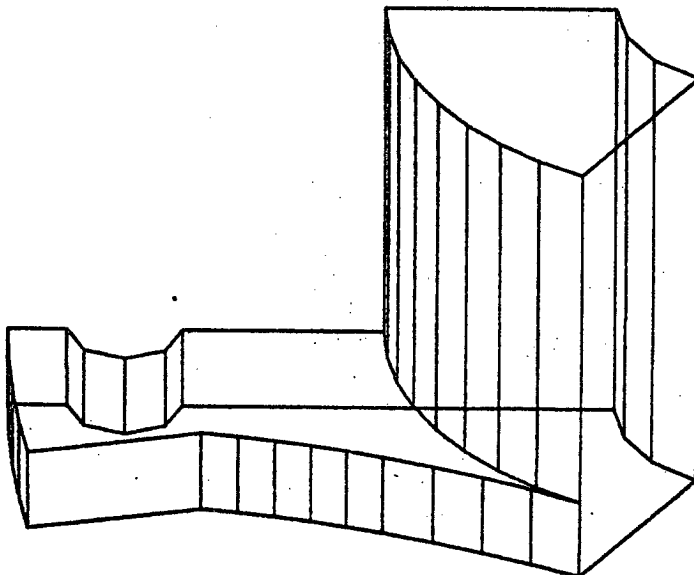


figure 24

le dessus

Remarque : grâce à la ligne L (figure 22 et 23) et à la zone 3 commune utilisée, le recollement est correct.

II.2. Le dessus en totalite :

Il est alors très facile de construire le maillage de la totalité du dessus de la pièce par simples manipulations du maillage ci-dessus :

- symetrie puis recollement ==> 1/3 du dessus
- rotation de ce 1/3 puis recollement ==> 2/3 du dessus
- rotation du 1/3 et recollement avec le 2/3 ==> totalite du dessus

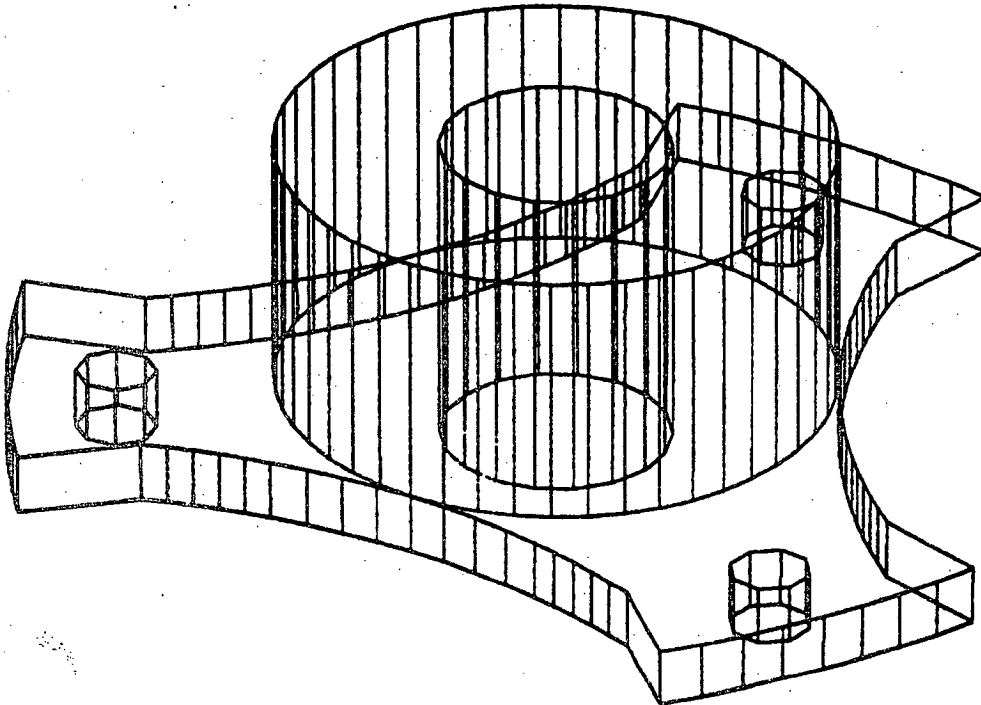


figure 25

le dessus

II.3. Le dessous :

Pour obtenir le résultat concernant cette partie il suffit, d'après la remarque faite dès le départ, de procéder comme pour le dessus avec les changements suivants :

- le rayon du cercle du trou intérieur (pour le maillage 2D)
- les coordonnées des 2 points correspondants

Ceci est rapide à faire compte tenu que les données contenant ces valeurs sont facilement accessibles (cf annexe).

On obtient ainsi, après une symétrie et une rotation supplémentaire l'ensemble du maillage du dessous de la pièce.

III. MAILLAGE 3D DU JOINT

III.1. Analyse du joint :

III.1.1. Premieres observations :

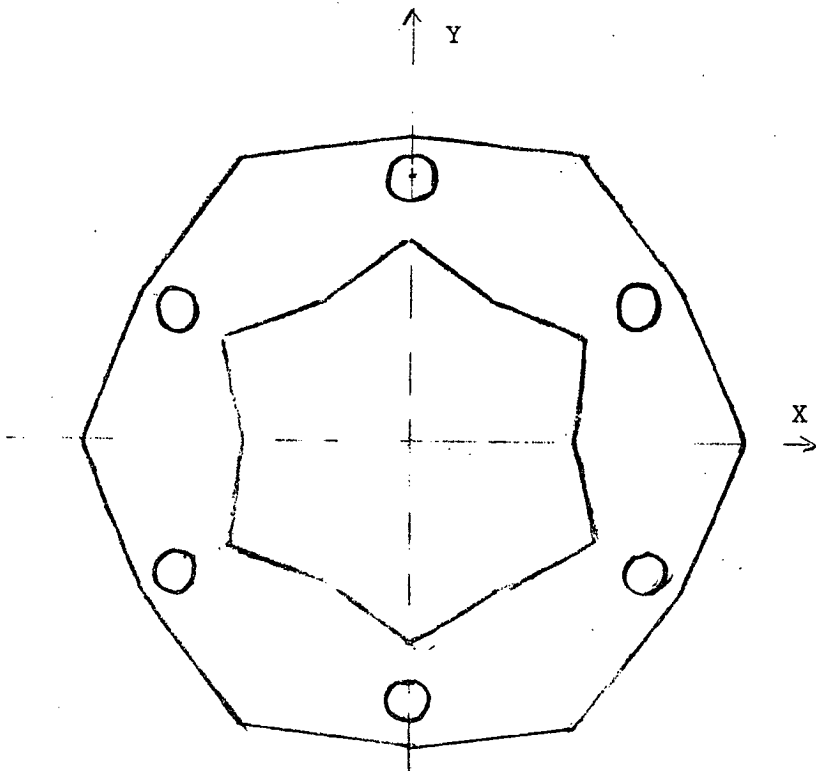


figure 26

le joint vu du
dessus

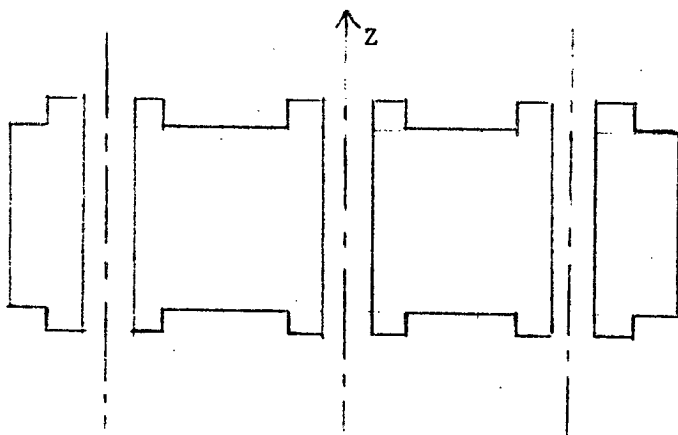


figure 27

le joint
(coupe)

Ces 2 figures permettent de mettre en évidence les symétries présentés dans cette pièce.

De la figure 26 on déduit qu'il suffit de ne considérer que le 1/12 du joint.

De la figure 27 on déduit que seule la moitié est à traiter, c'est à dire le 1/24 du joint.

La totalité du maillage du joint s'obtiendra à partir de ce 1/24 et des manipulations habituelles (symétries, rotations et recollements).

III.1.2. Analyse du 1/24 du joint :

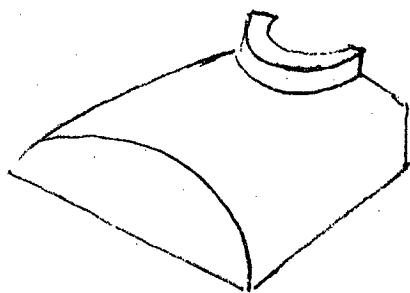


figure 28

1/24 du joint
(vu du dessus)

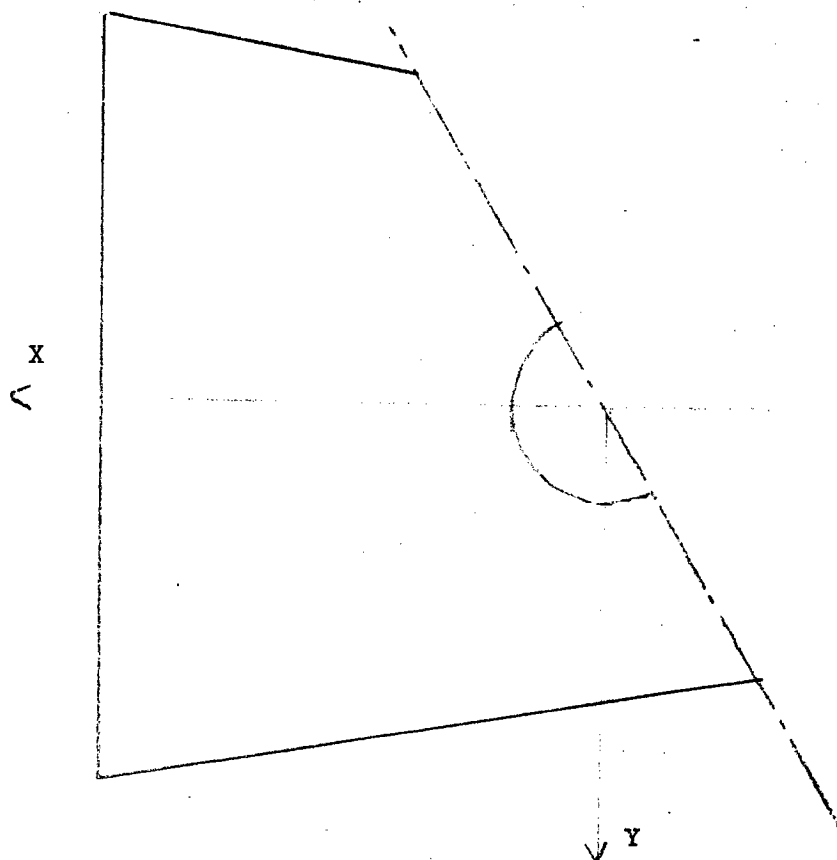


figure 29

1/24 du joint
(coupe)

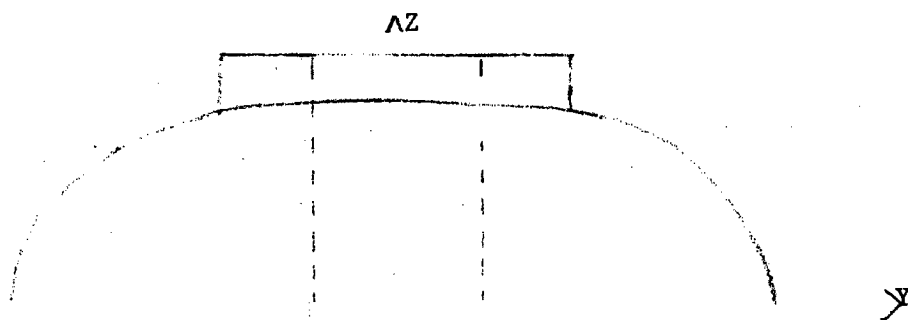


figure 30

1/24 du joint
(coupe)

Les figures 28 29 30 précisent la géométrie de la pièce à traiter.
Cette géométrie est relativement complexe, en particulier la présence de la zone située aux alentours du trou du boulon est à prendre en considération.

Afin de simplifier le problème et pour tenir compte de la géométrie plus facilement nous allons découper cette pièce en éléments simples de topologie identique à un cube.

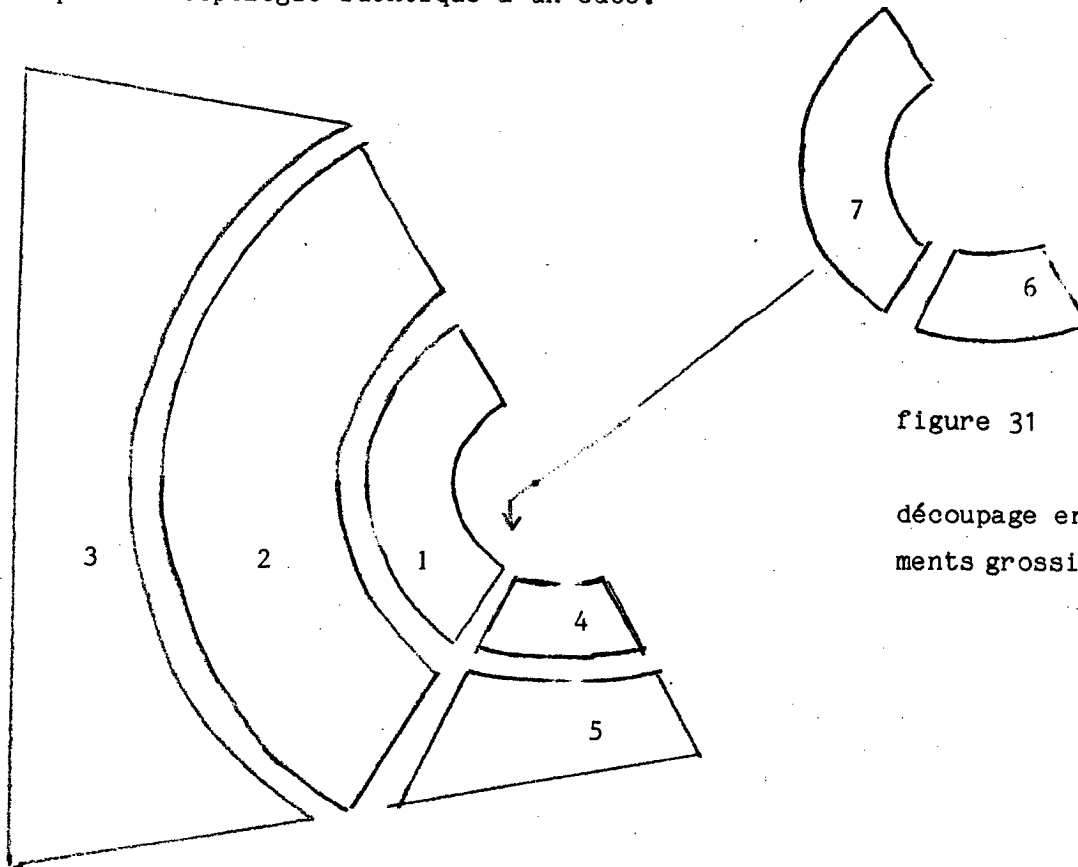


figure 31

découpage en éléments grossiers

ainsi 7 éléments sont nécessaires (ce choix n'est peut être pas unique)

Le découpage en éléments grossiers présente plusieurs avantages :

- chaque élément est topologiquement simple
- du traitement d'un élément on peut déduire le traitement des autres :
- la topologie est identique
- le changement ou la permutation des définitions des points ou arêtes sont faciles à réaliser et garantissent le bon raccord des éléments entre eux.

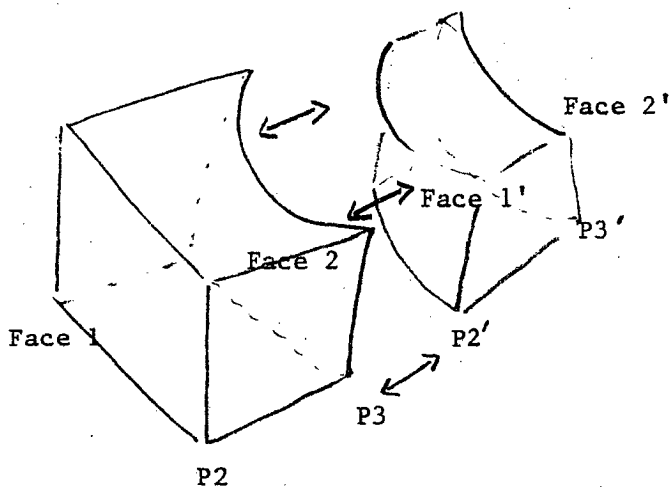


figure 32

déduction 3 ==> 2

face1==>face 1' = face 2

face 2 ==> face 2'

point 2 ==> point 1

etc

III.2. Premier élément grossier :

III.2.1. Topologie et géométrie :

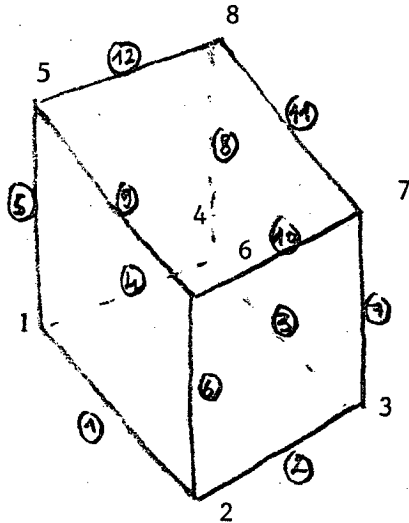


figure 33

premier élément
grossier
(topologie)

La topologie est celle d'un 'cube'.

La numérotation des points (1) et des arêtes (1) est indiquée sur la figure 33 conformément à [2].

La géométrie réelle de cet objet est obtenue en précisant :

- les coordonnées des 8 sommets grossiers
- la position des arêtes 3 et 11 sur le cercle R03 (dans le plan xoy)
- la position des arêtes 1 et 9 sur le cercle R06 (même plan)
- la position des autres arêtes sur des droites (dans le plan xoz ou yoz)

Sur chaque arête on va créer automatiquement des points intermédiaires.

Ces points serviront au découpage en éléments finis de cet élément grossier.

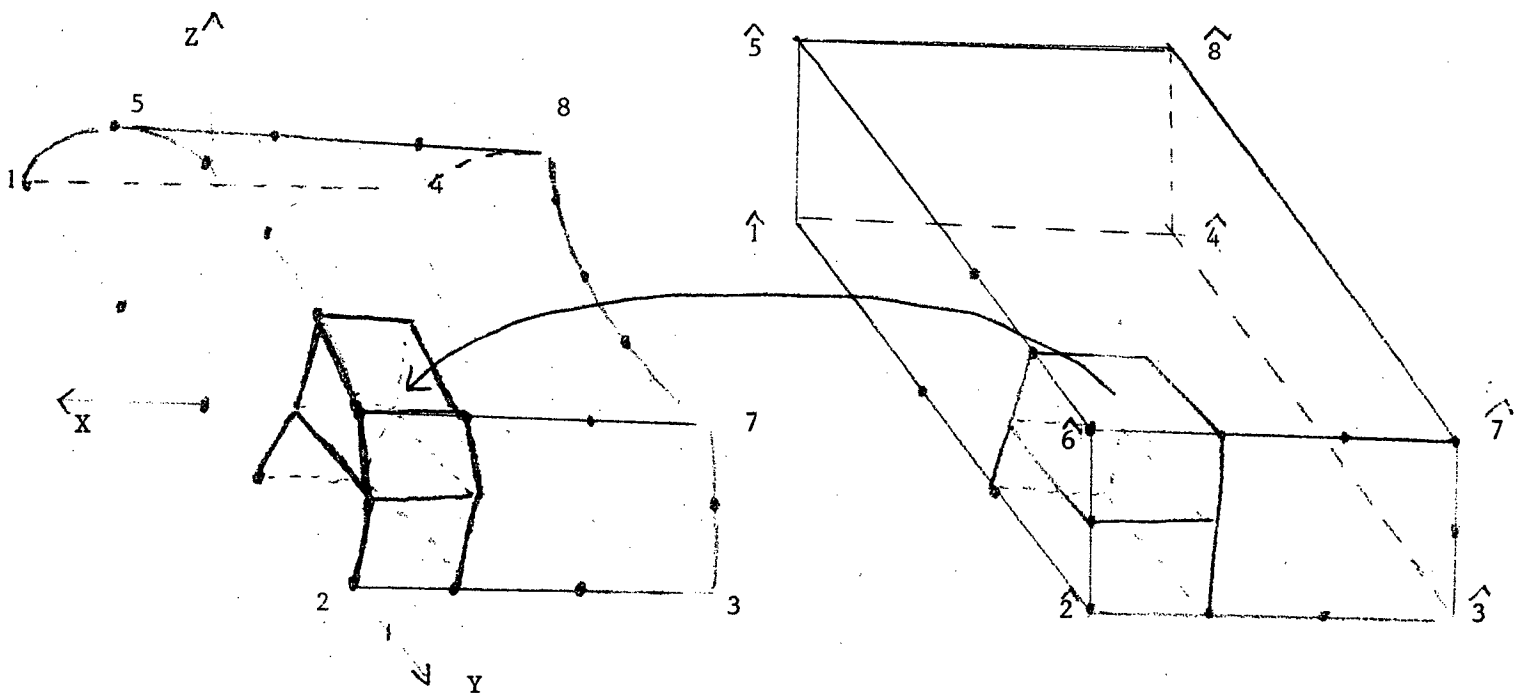
III.2.2. Mailleur :

++++++
+ Le mailleur COLIB2 [10] repose sur la méthodologie suivante : +
+ - définition d'éléments grossiers donnés par leurs sommets et leurs +
+ arêtes. Sur ces arêtes des points intermédiaires sont créés. +
+ - à partir de ce découpage des arêtes on découpe les éléments gros- +
+ siers en se référant formellement à un élément de référence. +
++++++

Dans notre cas un seul élément grossier est défini, on peut de ce fait utiliser le mailleur COLIB2, mais pour plus de facilité, on utilisera le mailleur COLIBH qui est identique à COLIB2 mais spécialisé au traitement d'un seul hexaèdre. (Il existe COLIBT et COLIBP pour traiter un seul tétraèdre ou un seul pentaèdre).

figure 34

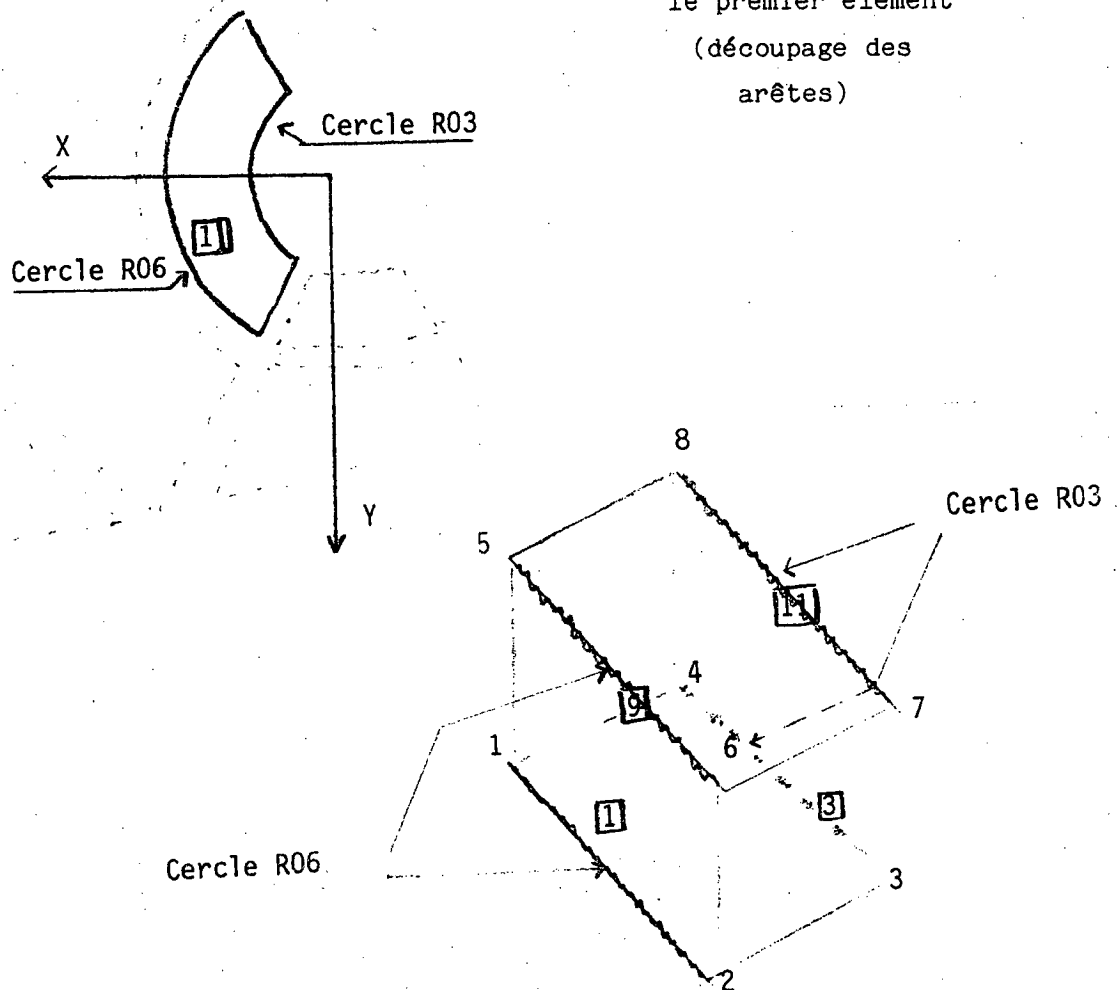
méthodologie



III.2.3. Le découpage du premier élément :

figures 35

le premier élément
(découpage des
arêtes)

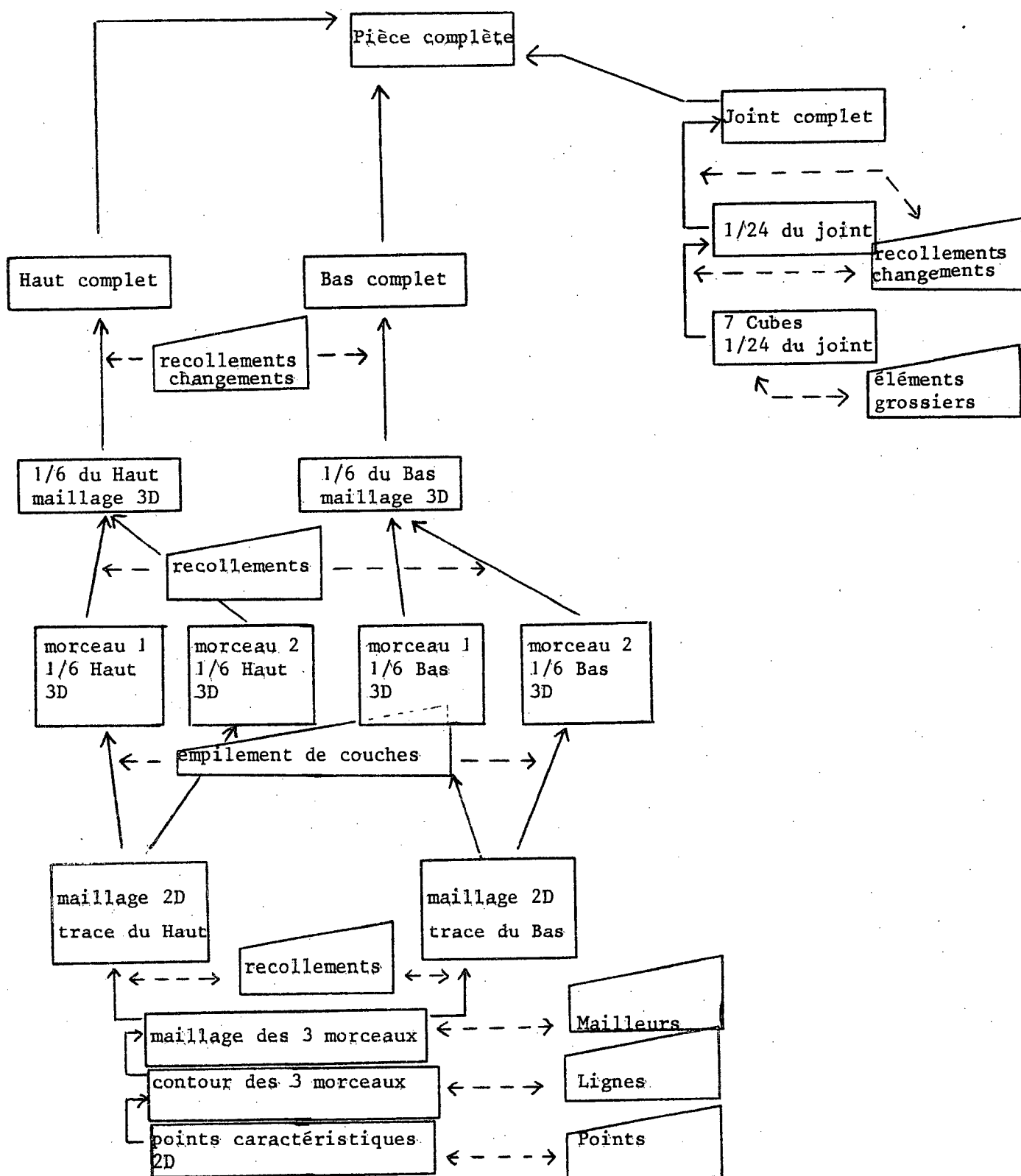


Les arêtes seront découpées automatiquement sauf celles qui sont épaissies pour lesquelles on définira les points intermédiaires afin de suivre la géométrie réelle le plus fidèlement possible.

III.3. Les autres éléments grossiers

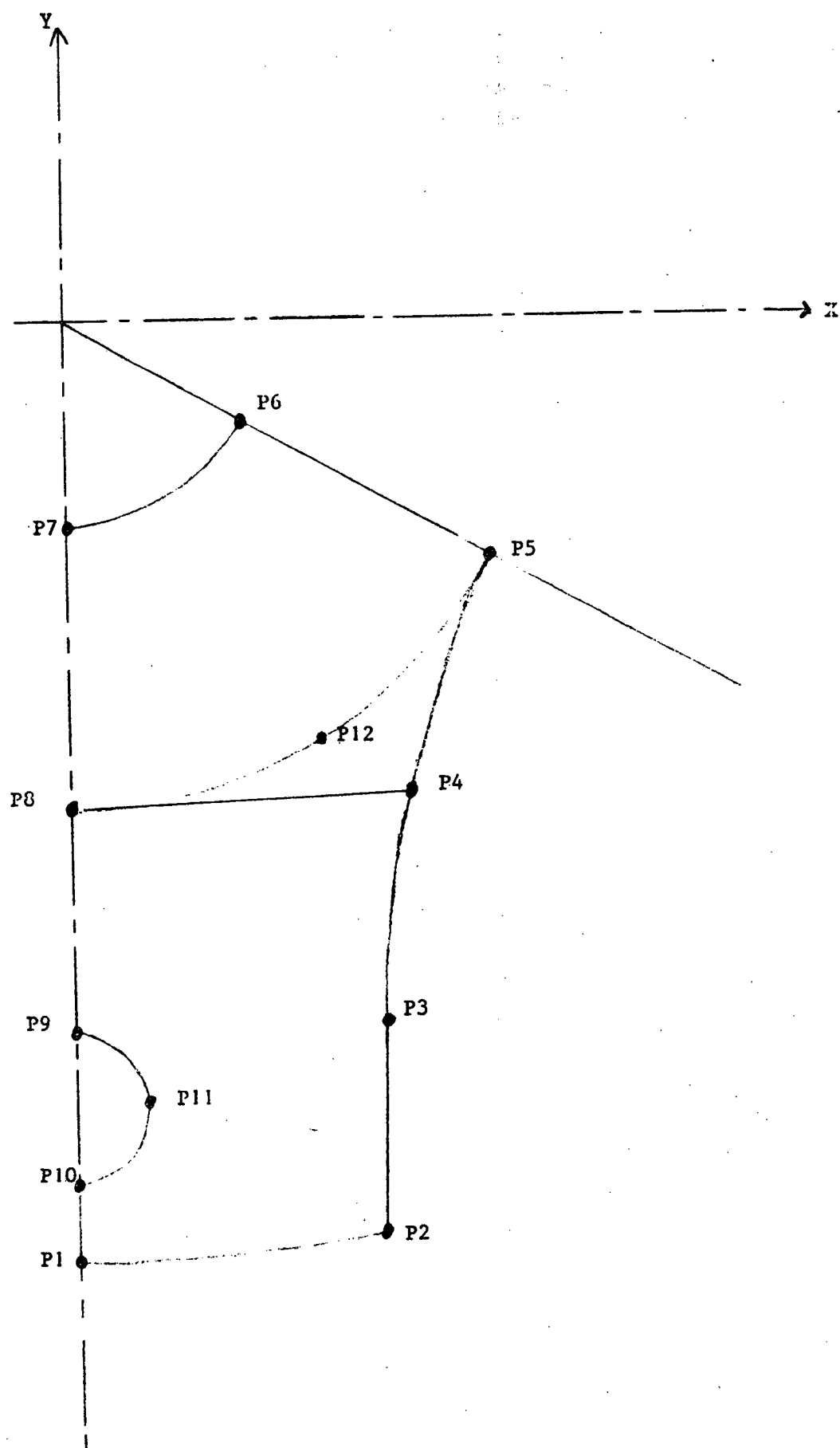
Une fois le premier élément grossier maillé, on peut mailler les autres en utilisant au maximum les propriétés géométriques présentées.

En annexe, on donne les coordonnées des points grossiers nécessaires ainsi que les arêtes et leurs points intermédiaires en précisant à chaque fois les intersections entre les éléments.



Méthodologie de construction du maillage .

Les points .



Les points caractéristiques du maillage 2D :

numéro du point	abscisse	ordonnée	remarques
1	0.0	-4.0	
2	1.3	-3.893668	
3	1.079764	-3.0	
4	1.317218	-2.05	
5	1.775352	-1.025	
6	0.736122	-0.425	==> 6 bis
7	0.0	-0.850	==> 7 bis
8	0.0	-2.05	
9	0.0	-3.10	
10	0.0	-3.70	
11	0.3	-3.40	
12	1.025	-1.775352	

tableau 1

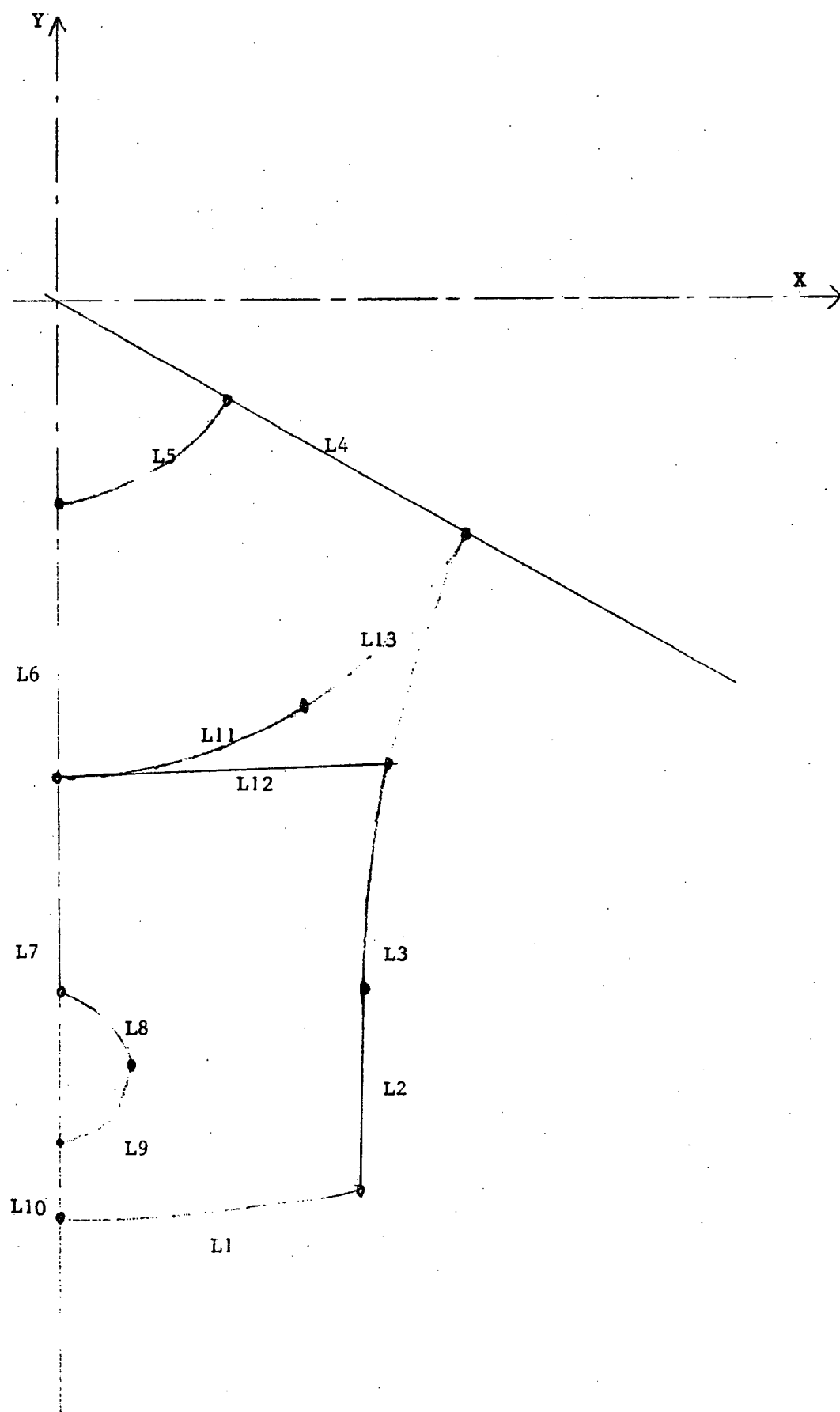
Les 2 seuls points à changer pour le maillage 2D du dessous

6 bis	1.125833	-0.650	
7 bis	0.0	-1.300	

tableau 2

On génère en une seule fois les points caractéristiques des 3 zones à traiter. Ceci minimise le nombre de données et assure les recollement ultérieurs.

Les lignes .



Les lignes du maillage 2D du dessus

numéro de ligne	extrémités 1 et 2	nombre de points	géométrie ==>	référence
1	1 ==> 2	5	cercle C2	2
2	2 ==> 3	6	droite	0
3	4 ==> 3	6	cercle C1	1
4	5 ==> 6	5	droite	0
5	7 ==> 6	4	cercle C4	4
6	7 ==> 8	5	droite	0
7	8 ==> 9	5	droite	0
8	11 ==> 9	3	cercle C5	5
9	10 ==> 11	3	cercle C5	5
10	10 ==> 1	3	droite	0
11	8 ==> 12	5	cercle C3	3
12	8 ==> 4	5	droite	0
13	12 ==> 5	5	cercle C3	3

tableau 3

5 bis	7 ==> 6	4	cercle C4bis	4
-------	---------	---	--------------	---

tableau 4

On génère en une seule fois toutes les lignes utiles pour mailler les 3 zones. Ceci minimise le nombre de données et assure les recollements ultérieurs.

Remarque : le redécoupage de la zone 2 doit s'appuyer sur la ligne L ; celle-ci ne figure pas comme ligne caractéristique mais grâce au numéro de référence que l'on assignera à l'arête correspondante (P5→P4) on assure cette possibilité.

Les cercles du maillage 2D .

cercle numéro	rayon	X du centre	Y du centre
1	6.0	7.	-3.975094
2	8.0	0.	4.0
3	2.05	0.	0.
4	0.850	0.	0.
5	0.300	0.	-3.4

tableau 5

Le cercle C4 pour le dessous

4 bis	1.300	0.	0.
-------	-------	----	----

tableau 6

Lors du maillage les cercles (en général les courbes) seront utilisées dès lors que l'on rencontre :

- une ligne dont le numéro de référence est 1, 2 ... 5 pour les zones 1 et 3
- une arête dont le numéro de référence est 1, 2 ... 5 pour la zone 2.

Ceci assure l'unicité du recollement.

```

*td maillage
COURBES
  1      5
COURBE01(X,Y)=
  (X-7)**2+(Y+3.975094)**2-36;
COURBE02(X,Y)=
  X*X+(Y-4)**2-64;
COURBE03(X,Y)=
  X*X+Y*Y-2.05*2.05;
COURBE04(X,Y)=
  X*X+Y*Y-C.85*C.85;
COURBE05(X,Y)=
  X*X+(Y+3.4)**2-C.C9;
FIN
*POINTS
  1      12
$  NOP  NREF(NOP)  X(NOP)  Y(NOP)
  1      2      C.000000E+00  -.400000E+01
  2      2      C.130000E+01  -.389367E+01
  3      1      C.107976E+01  -.300000E+01
  4      1      C.131722E+01  -.205000E+01
  5      1      C.177535E+01  -.102500E+01
  6      4      C.736122E+00  -.425000E+00
  7      4      C.000000E+00  -.850000E+00
  8      3      C.000000E+00  -.205000E+01
  9      5      C.000000E+00  -.310000E+01
  10     5      C.000000E+00  -.370000E+01
  11     5      C.300000E+00  -.340000E+01
  12     3      C.102500E+01  -.177535E+01
*LIGNES
  1      13
$  NOLIG NOELIG NEXTR1 NEXTR2 NOREFL NFFRON  RAISON
  1      5      1      2      2      10      0.100000E+C1
  2      6      2      3      1      0      0.100000E+C1
  3      6      4      3      1      10      0.100000E+C1
  4      5      5      6      0      0      0.100000E+C1
  5      4      7      6      4      10      0.100000E+C1
  6      5      7      8      0      0      0.100000E+C1
  7      5      8      9      0      0      0.100000E+C1
  8      3      11     9      5      10      0.100000E+C1
  9      3      10     11     5      10      0.100000E+C1
  10     3      1      10     0      0      0.100000E+C1
  11     5      8      12     3      10      0.100000E+C1
  12     5      8      4      0      0      0.100000E+C1
  13     5      12     5      3      10      0.100000E+C1
*TRIAU
  1      0      1      5      1
  4
  5
  6
  11
  13
$ IMPRE NIVEAU NUDSD NREFLI NS1L
$ NOLO
$ NOLO
$ NOLO
$ NOLO
$ NOLO
*SAUV
  1      0      0
  NOPO.2D1.UP
$ IMPRE NINOPO NTACPO
$ NOM DU FICHIER
*MANU
  1      1      2
  3      1      4      5      12
  1      3      0
  3      1      8      4      12
  0      0      3
$ IMPRE NIVEAU NE
$ TYPE NUDSD NS1 AS2 AS3
$ NFA1 NFA2 NFA3
$ TYPE NUDSD NS1 AS2 AS3
$ NFA1 NFA2 NFA3
*RETRI
  0      1      2      4
$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2 N
*TUER
  1      1
$ IMPRE NOMBRE DE SD ACPC EN PC A TIER
$ NIVEAU

```

Les données du maillage 2D des zones 1 à 3 : celles-ci sont créées par le module AAAPNOPO option CREATION cf [108].

'td maillage

COURBES

1 5

\$ IMPRE NFONC

COURBE01(X,Y)=

(X-7)**2+(Y+3.975094)**2-36;

COURBE02(X,Y)=

X*X+(Y-4)**2-64;

COURBE03(X,Y)=

X*X+Y*Y-2.05*2.05;

COURBE04(X,Y)=

X*X+Y*Y-1.30*1.30;

COURBE05(X,Y)=

X*X+(Y+3.4)**2-0.09;

FIN

*POINTS

\$	NOP	12	NOREF(NOP)	X(NOP)	\$ IMPRE NPOINT	\$	Y(NOP)	\$
1	1	2		C.000000E+00	-	400000E+01		
2	2	2		C.130000E+01	-	389367E+01		
3	3	1		C.107976E+01	-	300000E+01		
4	4	1		C.131722E+01	-	205000E+01		
5	5	1		C.177535E+01	-	102500E+01		
6	6	4		C.125833E+00	-	650000E+00		
7	7	4		C.000000E+00	-	130000E+00		
8	8	3		C.000000E+00	-	205000E+01		
9	9	5		C.000000E+00	-	310000E+01		
10	10	5		C.000000E+00	-	370000E+01		
11	11	5		C.300000E+00	-	340000E+01		
12	12	3		C.102500E+01	-	177535E+01		

*LIGNES

\$	NOLIG	13	NCELIG	NEXT1	NEXT2	NOREFL	NFFRON	\$ IMPRE NDLM	\$	RAISON	\$
1	1	5	1	2	2	10	0	0.100000E+C1			
2	2	6	2	3	1	0	0	0.100000E+C1			
3	3	6	4	3	1	10	0	0.100000E+C1			
4	4	5	5	6	0	0	0	0.100000E+C1			
5	5	4	7	6	4	10	0	0.100000E+C1			
6	6	5	7	8	0	0	0	0.100000E+C1			
7	7	5	8	9	0	0	0	0.100000E+C1			
8	8	3	11	9	5	10	0	0.100000E+C1			
9	9	3	10	11	5	10	0	0.100000E+C1			
10	10	3	1	10	0	0	0	0.100000E+C1			
11	11	5	8	12	3	10	0	0.100000E+C1			
12	12	5	8	4	0	0	0	0.100000E+C1			
13	13	5	12	5	3	10	0	0.100000E+C1			

*TRIAU

1	0	1	5	1	\$ IMPRE NIVEAU NUDSD ABRELI NS1L
4					\$ NOLO
5					\$ NOLO
6					\$ NOLO
11					\$ NOLO
13					\$ NOLO

*SAUV

1	0	0	\$ IMPRE NINOP0 NTACPC
NOPO.2D1.DC			\$ NOM DU FICHIER

*MANU

1	1	2	\$ IMPRE NIVEAU NE
3	1	4	\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3
1	3	0	\$ NFA1 NFA2 NFA3
3	1	8	\$ TYPE NUDSD NS1 NS2 NS3
0	0	3	\$ NFA1 NFA2 NFA3

*RETRI

0	1	2	4	\$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2 N
---	---	---	---	--------------------------

*TUER

1	1	\$ IMPRE NOMBRE DE SD ACPC EN MC A TUER
1		\$ NIVEAU

Les mêmes données pour les zones 1 à 3 du dessous de la pièce. Très peu de modifications sont nécessaires, ce qui minimise le temps de travail.

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 1.

On utilise les cercles de rayon $R03 = 0.3$ et $R06 = 0.6$ centres en 0. 0. On note $s30 = \sin(30)$ et $c30 = \cos(30)$

point	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
1	$R06 * s30$	$- R06 * c30$	0.0	==> P4 de 2
2	$R06 * s30$	$R06 * c30$	0.0	==> P3 de 2
3	$R03 * s30$	$R03 * c30$	0.0	
4	$R03 * s30$	$- R03 * c30$	0.0	
5	idem P1	idem P1	ellipse	==> P8 de 2
6	idem P2	idem P2	ellipse	==> P7 de 2
7	idem P3	idem P3	ellipse	
8	idem P4	idem P4	ellipse	

tableau 7

Les arêtes à découper de l'élément grossier 1.

On note par N le nombre de points de l'arête considérée.

On note par "auto" le découpage de l'arête quand celui-ci est fait selon une équi-répartition entre les extrémités (pour la coordonnée visée). L ellipse est défini comme suit :

$$x*x / AA * AA + y*y / BB * BB = 1.$$

avec $AA = 1.0 + 0.3 * 1.7$ (AA dépend de X !!)

et $BB = 1.2$

Le programme FORTRAN d'appel de COLIB2 cf [10] ainsi que les sous-routines créées sont données dans les pages suivantes.

```

C *****
C   MAILLAGE DU JOINT ( PARTIE UN )
C *****
C   COMMON M(120000)
C     DIMENSION XYZ(3,100),XYZINT(3,200),NARET(5,100),NTFR(6,1),
C       3      NTGRC(11,1),NTNRS(100)
C
C     CALL INITI(M,12CCCC,1,0)
C
C     DONNEES GENERALES
C     -----
C     NFNOPC = 10
C     NINOP0 = 1
C     NAUXI  = 0
C
C     NBS    = 8
C     NA     = 12
C     NBGRO  = 1
C     NBFR   = 0
C     NBNR   = 0
C     NDSD   = 1
C
C     *****
C     LES SOMMETS GRCSSIERS
C     *****
C     DO 1 I=1,3
C       DO 1 J=1,NBS
C         XYZ(I,J) = C.0
C
C 1 CONTINUE
C
C     DEFINITION GEOMETRIQUE
C     -----
C     RPI = 3.14159265
C     A30 = 30. * RPI / 180.
C     S30 = SIN(A30)
C     C30 = COS(A30)
C     R03 = 0.30
C     X03 = 0.
C     Y03 = 0.
C     R06 = 0.60
C     X06 = 0.
C     Y06 = 0.
C     BB = 1.2
C
C     ----- X DES 4 SOMMETS DE LA BASE -----
C     XYZ(1,1) = RC6 * S30
C     XYZ(1,2) = RC6 * S30
C     XYZ(1,3) = RC3 * S30
C     XYZ(1,4) = RC3 * S30
C
C     ----- Y DES 4 SOMMETS DE LA BASE -----
C     XYZ(2,1) = - RC6 * C30
C     XYZ(2,2) = RC6 * C30
C     XYZ(2,3) = RC3 * C30
C     XYZ(2,4) = - RC3 * C30
C
C     ----- X ET Y DES 4 SOMMETS DU HAUT -----
C     DO 2 J=1,4
C       J4 = J + 4
C       XYZ(1,J4) = XYZ(1,J)
C       XYZ(2,J4) = XYZ(2,J)
C
C 2 CONTINUE
C
C     ----- Z DES 4 SOMMETS DU HAUT SUR L'ELLIPSE -----
C     DO 19 K=1,4
C       AA = 1.C + C.3 * XYZ(1,K) / 1.7
C       CALL SPELLI(AA,BB,XYZ(2,K+4),XYZ(3,K+4))
C
C 19 CONTINUE
C
C     ----- LES REFERENCES DES SOMMETS -----
C     DO 3 K=1,NBS
C       NTNRS(K) = C

```



```

3 CONTINUE
C ++++++
C LES ARETES
C ++++++
C ----- LES REFERENCES -----
C DO 4 K=1,NA
C   NARET(5,K) = C
4 CONTINUE
C ----- LE NOMERÉ DE POINTS DES ARETES -----
C NPI = 5
C DO 5 K=1,NA
C   NARET(4,K) = NPI
5 CONTINUE
C NARET(4,2) = 3
C NARET(4,4) = 3
C NARET(4,10) = 3
C NARET(4,12) = 3
C ----- LE MODE DE DECOUPAGE -----
C DO 6 K=1,NA
C   NARET(3,K) = C
6 CONTINUE
C NARET(3,1) = 1
C NARET(3,3) = 1
C NARET(3,9) = 1
C NARET(3,11) = 1
C ----- LES EXTREMITES -----
C DO 7 K=1,4
C   NARET(1,K) = K
C   NARET(1,K+4) = K
C   NARET(1,K+8) = K+4
C   NARET(2,K) = K+1
C   NARET(2,K+4) = K+4
C   NARET(2,K+8) = K+5
7 CONTINUE
C NARET(2,4) = 1
C NARET(2,12) = 5
C ++++++
C LES POINTS INTERMEDIAIRES
C ++++++
C ----- ARETE 1 -----
C IEX11 = NARET(1,1)
C IEX21 = NARET(2,1)
C D1 = ( XYZ(2,IEX21) - XYZ(2,IEX11) ) / ( NPI - 1 )
C ----- ARETE 3 -----
C IEX13 = NARET(1,3)
C IEX23 = NARET(2,3)
C D3 = ( XYZ(2,IEX23) - XYZ(2,IEX13) ) / ( NPI - 1 )
C ----- LES Y INTERMEDIAIRES ( ARETES 1 ET 3 ) -----
C NPIM2 = NPI - 2
C DO 10 K=1,NPIM2
C   XYZINT(2,K) = XYZ(2,IEX11) + K * D1
C   XYZINT(2,K+NPIM2) = XYZ(2,IEX13) + K * D3
10 CONTINUE
C ----- LES X ( FONCTION DE Y ) INTERMEDIAIRES ( 1 ET 3 ) -----
C DO 11 K=1,NPIM2
C   CALL SPCERC(RC6,X06,Y06,XYZINT(2,K),XYZINT(1,K))
C   CALL SPCERC(R03,X03,Y03,XYZINT(2,K+NPIM2),XYZINT(1,K+NPIM2))
11 CONTINUE
C ----- REPORT SUR LES ARETES 9 ET 11 -----
C DO 12 K=1,NPIM2
C   XYZINT(1,K+2*NPIM2) = XYZINT(1,K)
C   XYZINT(1,K+3*NPIM2) = XYZINT(1,K+NPIM2)
C   XYZINT(2,K+2*NPIM2) = XYZINT(2,K)
C   XYZINT(2,K+3*NPIM2) = XYZINT(2,K+NPIM2)
12 CONTINUE
C ----- LES Z INTERMEDIAIRES ( 4 ARETES ) -----

```

```

      DO 13 K=1,4*NPIM2
        XYZINT(3,K) = C.
13  CONTINUE
C  ----- LES 2 INTERMEDIAIRES ( ARETES 9 ET 11 ) -----
      DO 14 K=1,2*NPIM2
        AA = 1./C + C./3 * XYZINT(1,K+2*NPIM2) / 1.7
        CALL SPELLI(AA,BB,XYZINT(2,K+2*NPIM2),XYZINT(3,K+2*NPIM2))
14  CONTINUE
C  ++++++
C  LES ELEMENTS GROSSIERS
C  ++++++
      NTGRO(1,1) = 7
      DO 15 J=1,8
        NTGRO(J+1,1) = J
15  CONTINUE
      NTGRO(10,1) = 7
      NTGRO(11,1) = 1
C
C  APPEL DU MODULE
C  -----
      CALL COLIB2(M,NFNCPO,NINOPO,NAUXI,NBS,NA,NBGRO,NBFR,NENR,NDSD,
&      XYZ,NTARS,NARET,XYZINT,NTFR,NTGRO)
      STOP
      END

```

```

      SUBROUTINE SPCERC(R,A,B,Y,X)
C  ++++++
C  CERCLE
C  ++++++
C
      RES = R*R - ( Y - B ) * ( Y - B )
      X = A + SQRT( RES )
      END

```

```

      SUBROUTINE SPELLI(A,B,Y,Z)
C  ++++++
C  ELLIPSE
C  ++++++
      Z = B * SQRT( 1 - Y*Y / ( A*A ) )
      END

```

Plus simplement, si on utilise le module COLIBH cf [10] , on aura à écrire le

```
programme suivant :
C ++++++
C MAILLAGE DU JOINT ( PARTIE LN )
C ++++++
COMMON M(120000)
DIMENSION XYZ(3,8),XYZINT(3,200),IDECAR(12),NBPARE(12)
C
CALL INITI(M,120000,1,0)
C
C DONNEES GENERALES
C -----
C NFNOP0 = 10
C NINOP0 = 1
C IREF = 0
C NDSDE = 1
C ++++++
C LES SOMMETS GROSSIERS
C ++++++
DO 1 I=1,3
  DO 1 J=1,8
    XYZ(I,J) = 0.0
1 CONTINUE
C
C DEFINITION GEOMETRIQUE
C -----
C RPI = 3.14159265
C A30 = 30. * RPI / 180.
C S30 = SIN(A30)
C C30 = COS(A30)
C R03 = 0.30
C X03 = 0.
C Y03 = 0.
C R06 = 0.60
C X06 = 0.
C Y06 = 0.
C BE = 1.2
C ----- X DES 4 SOMMETS DE LA BASE -----
C XYZ(1,1) = RC6 * S30
C XYZ(1,2) = RC6 * S30
C XYZ(1,3) = RC3 * S30
C XYZ(1,4) = RC3 * S30
C ----- Y DES 4 SOMMETS DE LA BASE -----
C XYZ(2,1) = - RC6 * C30
C XYZ(2,2) = RC6 * C30
C XYZ(2,3) = RC3 * C30
C XYZ(2,4) = - RC3 * C30
C ----- X ET Y DES 4 SOMMETS DU HAUT -----
C DO 2 J=1,4
C   J4 = J + 4
C   XYZ(1,J4) = XYZ(1,J)
C   XYZ(2,J4) = XYZ(2,J)
2 CONTINUE
C ----- Z DES 4 SOMMETS DU HAUT SUR L'ELLIPSE -----
C DO 19 K=1,4
C   AA = 1.0 + 0.3 * XYZ(1,K) / 1.7
C   CALL SPELLI(AA,BB,XYZ(2,K+4),XYZ(3,K+4))
19 CONTINUE
C ++++++
C LES ARETES
C ++++++
C ----- LE NOMBRE DE POINTS DES ARETES -----
C NPI = 5
C DO 5 K=1,12
C   NBPARE(K) = NPI
5 CONTINUE
C NBPARE(2) = 3
C NBPARE(4) = 3
```

```

      NBPARE(10) = 3
      NBPARE(12) = 3
C      ----- LE MODE DE DECOUPAGE -----
      DO 6 K=1,12
        IDECAR(K) = 0
6 CONTINUE
      IDECAR(1) = 1
      IDECAR(3) = 1
      IDECAR(9) = 1
      IDECAR(11) = 1
C      ++++++
C      LES POINTS INTERMEDIAIRES
C      ++++++
C      ----- ARETE 1 -----
      IEX11 = 1
      IEX21 = 2
      D1 = ( XYZ(2,IEX21) - XYZ(2,IEX11) ) / ( NPI - 1 )
C      ----- ARETE 3 -----
      IEX13 = 3
      IEX23 = 4
      D3 = ( XYZ(2,IEX23) - XYZ(2,IEX13) ) / ( NPI - 1 )
C      ----- LES Y INTERMEDIAIRES ( ARETES 1 ET 3 ) -----
      NPIM2 = NPI - 2
      DO 10 K=1, NPIM2
        XYZINT(2,K) = XYZ(2,IEX11) + K * D1
        XYZINT(2,K+NPIM2) = XYZ(2,IEX13) + K * D3
10 CONTINUE
C      ----- LES X ( FONCTION DE Y ) INTERMEDIAIRES ( 1 ET 3 ) -----
      DO 11 K=1, NPIM2
        CALL SPCERC(RC6,X06,Y06,XYZINT(2,K),XYZINT(1,K))
        CALL SPCERC(RC3,X03,Y03,XYZINT(2,K+NPIM2),XYZINT(1,K+NPIM2))
11 CONTINUE
C      ----- REPORT SUR LES ARETES 9 ET 11 -----
      DO 12 K=1, NPIM2
        XYZINT(1,K+2*NPIM2) = XYZINT(1,K)
        XYZINT(1,K+3*NPIM2) = XYZINT(1,K+NPIM2)
        XYZINT(2,K+2*NPIM2) = XYZINT(2,K)
        XYZINT(2,K+3*NPIM2) = XYZINT(2,K+NPIM2)
12 CONTINUE
C      ----- LES Z INTERMEDIAIRES ( 4 ARETES ) -----
      DO 13 K=1, 4*NPIM2
        XYZINT(3,K) = 0.
13 CONTINUE
C      ----- LES Z INTERMEDIAIRES ( ARETES 9 ET 11 ) -----
      DO 14 K=1, 2*NPIM2
        AA = 1.0 + 0.3 * XYZINT(1,K+2*NPIM2) / 1.7
        CALL SPELLI(AA,BB,XYZINT(2,K+2*NPIM2),XYZINT(3,K+2*NPIM2))
14 CONTINUE
C
C      APPEL DU MODULE
C      -----
      CALL COLIBH(M,NFNCPO,NINOFO,XYZ,IDECAR,NBPARE,XYZINT,IREF,NDSDE)
      STOP
      END

```

avec les mêmes sousroutines.

arête	N	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
locale					

1	1	5	cercle R06	auto	0.0	==> A3 de 2
---	---	---	------------	------	-----	-------------

2	3	5	cercle R03	auto	0.0	
---	---	---	------------	------	-----	--

3	9	5	idem 1	idem 1	ellipse	==> A11 de 2
---	---	---	--------	--------	---------	--------------

4	11	5	idem 3	idem 3	ellipse	
---	----	---	--------	--------	---------	--

tableau 8

Le programme FORTRAN d'appel de COLIB2 cf [10] ainsi que les subroutines créées sont données dans les pages suivantes.

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 2.

On utilise les cercles de rayon R17 et R06 = 0.6 centres en 0. 0.
On note $s30 = \sin(30)$ et $c30 = \cos(30)$

R17 est calculé comme suit :

point A : intersection de $y = -\sqrt{3} * x$

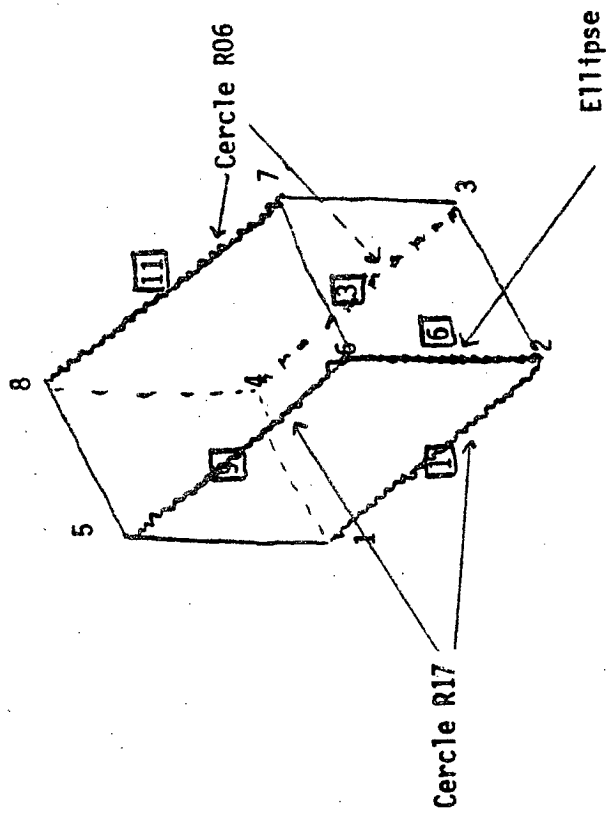
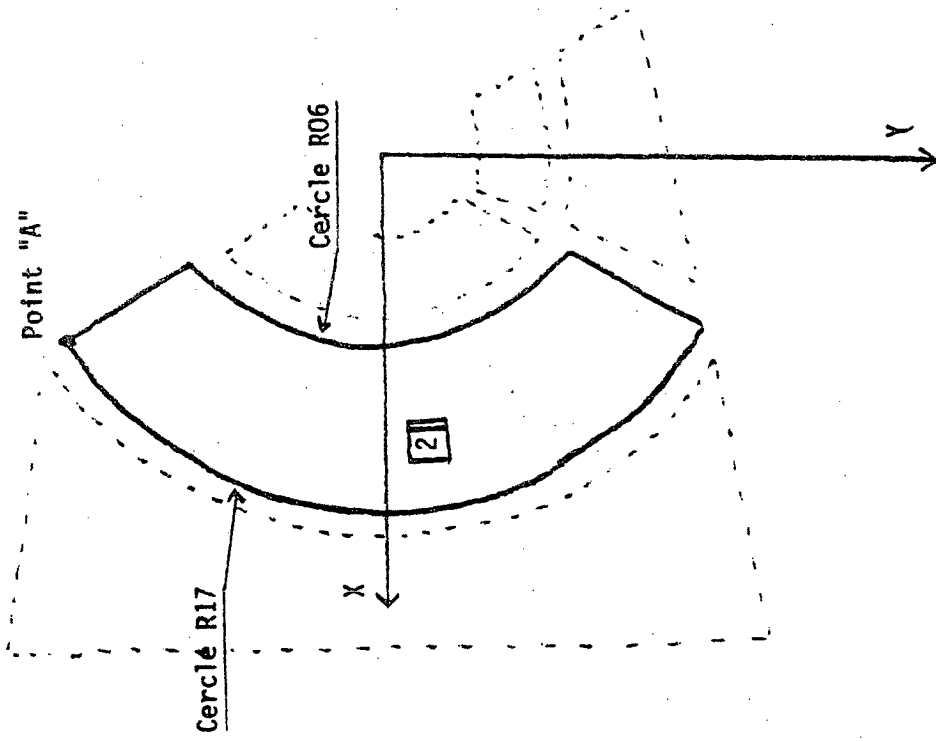
et de $y = -1.0 - 0.3 * x / 1.7$

et R17 = ordonnée de A / c30

On a $XA = 0.642847$ et $YA = -1.113444$

point	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
1	R17 * s30	- R17 * c30	0.0	==> P4 de 3
2	R17 * s30	R17 * c30	0.0	
3	R06 * s30	R06 * c30	0.0	==> P2 de 1
4	R06 * s30	- R06 * c30	0.0	==> P1 de 1
5	idem P1	idem P1	BB / 2	==> P8 de 3
6	idem P2	ellipse	BB / 2	==> P7 de 3
7	idem P3	idem P3	ellipse	==> P6 de 1
8	idem P4	idem P4	ellipse	==> P5 de 1

tableau 9



Les arêtes à découper de l'élément grossier 2.

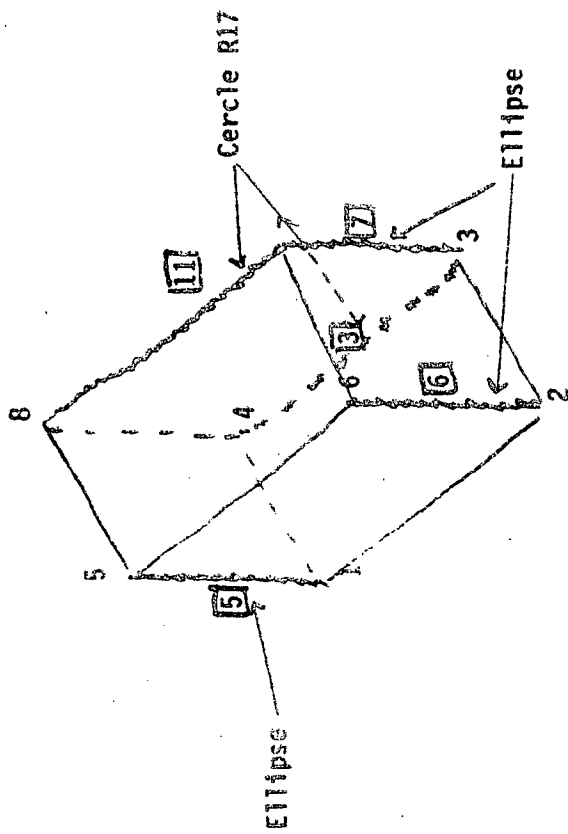
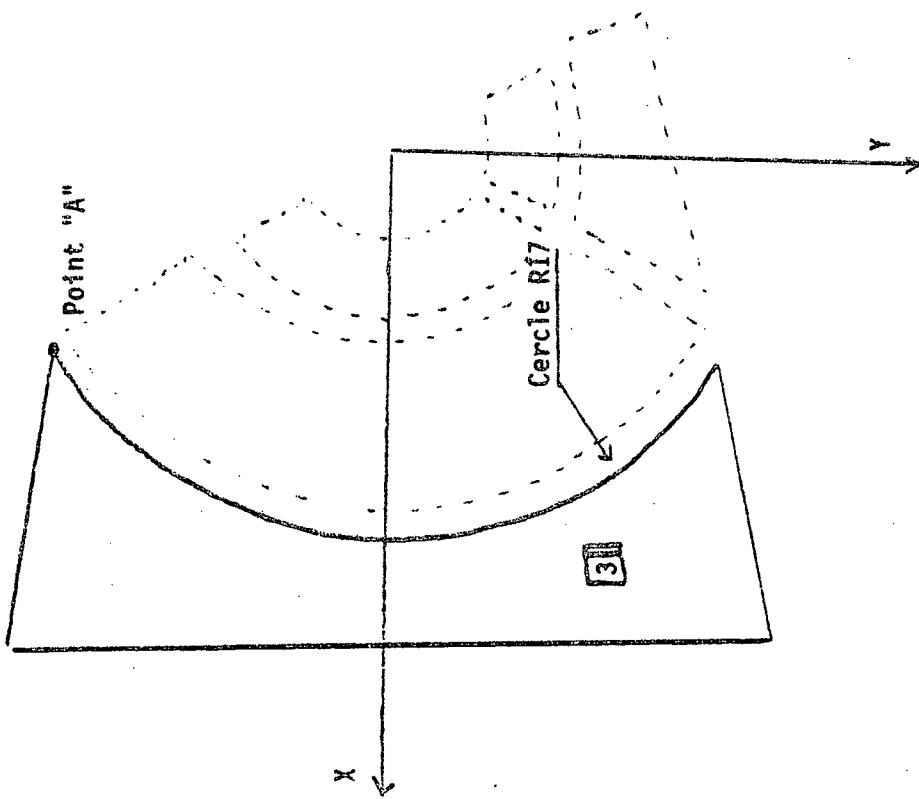
	arete	N	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
	locale					
1	1	5	cercle R17	auto	0.0	
2	3	5	cercle R06	auto	0.0	==> A1 de 1
3	6	5	auto	auto	ellipse	
4	9	5	idem 1	auto	ellipse	
5	11	5	idem 3	idem 3	ellipse	==> A9 de 1

tableau 10

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 3.

point	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
1	1.7	-1.3	0.0	
2	1.7	1.3	0.0	
3	R17 * s30	R17 * c30	0.0	==> P2 de 2
4	R17 * s30	- R17 * c30	0.0	==> P1 de 2
5	idem 1	ellipse	BB / 2	
6	idem 2	ellipse	BB / 2	
7	idem 3	ellipse	BB / 2	==> P6 de 2
8	idem 4	idem 4	BB / 2	==> P5 de 2

tableau 11



Les arêtes à découper de l'élément grossier 3.

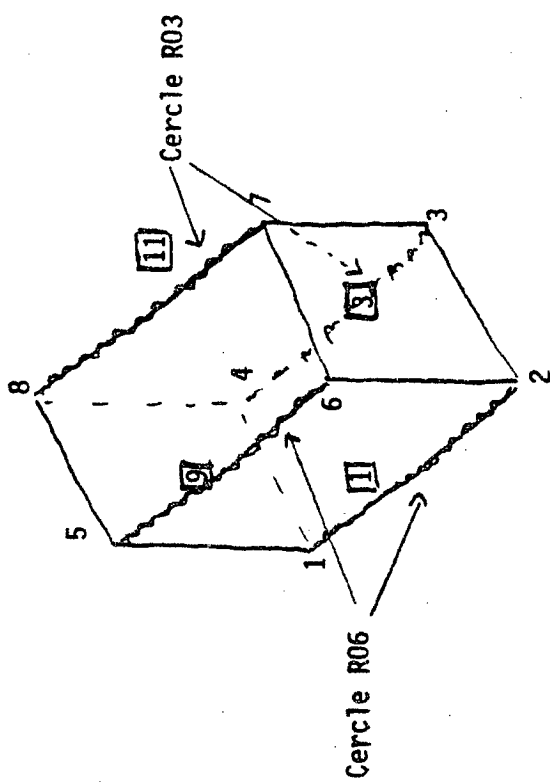
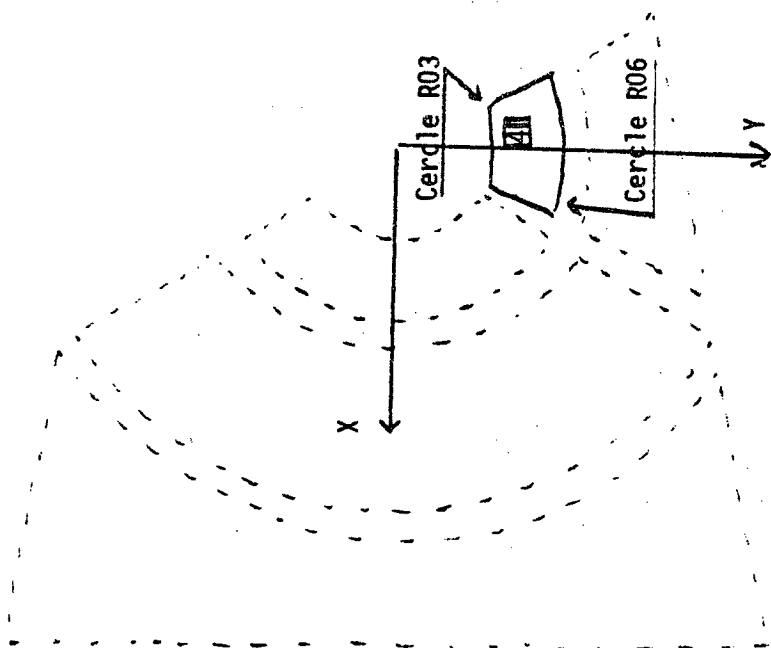
arête	N	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
locale					
1	3	5	cercle R17	auto	0.0
2	5	5	auto	auto	ellipse
3	6	5	auto	auto	ellipse ==> A1 de 2
4	7	5	auto	auto	ellipse ==> A6 de 2
5	11	5	idem 3	auto	ellipse ==> A9 de 2

tableau 12

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 4.

point	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
1	R06 * s30	R06 * c30	0.0	==> P2 de 1
2	- R06 * s30	R06 * c30	0.0	
3	- R03 * s30	R03 * c30	0.0	
4	R03 * s30	R03 * c30	0.0	==> P3 de 1
5	idem P1	idem P1	ellipse	==> P6 de 1
6	idem P2	idem P2	ellipse	
7	idem P3	idem P3	ellipse	
8	idem P4	idem P4	ellipse	==> P7 de 1

tableau 13



Les arêtes à découper de l'élément grossier 4.

	arete	N	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
	locale					
1	1	5	auto	cercle R06	0.0	
2	3	5	auto	cercle R03	0.0	
3	9	5	idem 1	idem 1	ellipse	
4	11	5	idem 3	idem 3	ellipse	

tableau 14

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 5.

Le point B est obtenu comme intersection de :

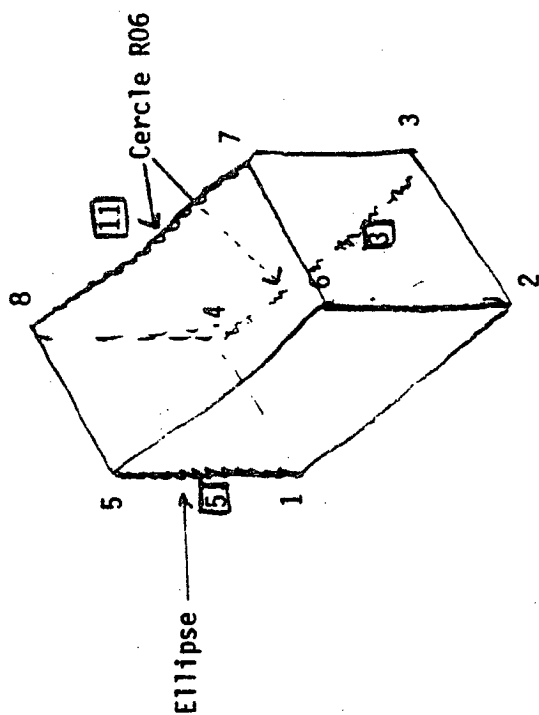
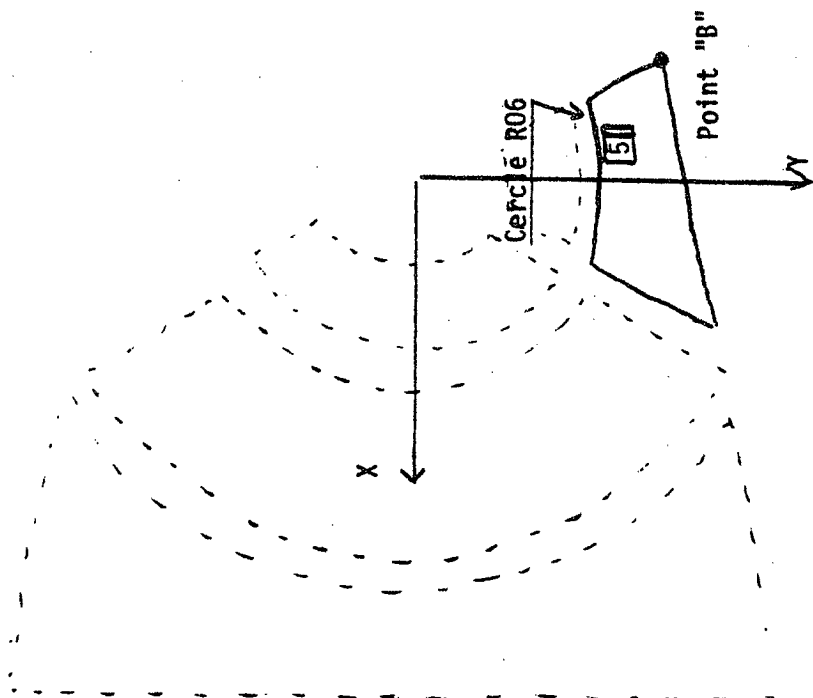
$$y = -\sqrt{3} * x$$

avec $y = 1.0 + 0.3 * x / 1.7$

On trouve $XB = -0.523966$ et $YB = 0.907535$

point	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques
1	$R17 * s30$	$R17 * c30$	0.0	==> P2 de 2 P3 de 3
2	XB	YB	0.0	
3	$-R06 * s30$	$R06 * c30$	0.0	==> P2 de 4
4	$R06 * s30$	$-R06 * c30$	0.0	==> P3 de 2 P2 de 1 P1 de 4
5	idem P1	ellipse	BB / 2	==> P6 de 2 P7 de 3
6	idem P2	idem P2	BB / 2	
7	idem P3	idem P3	ellipse	==> P6 de 4
8	idem P4	idem P4	ellipse	==> P5 de 4 , P6 de 1

tableau 15



Les arêtes à découper de l'élément grossier 5.

	arete	N	calcul de X	calcul de Y	calcul de Z	Remarques	
	locale						

1	3	5	auto	cercle R06	0.0	==> P1 de 4	
2	5	5	auto	auto	ellipse	==> P6 de 2	
3	11	5	idem 3	idem 3	ellipse	==> P9 de 4	

tableau 16

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 6.

Ils se déduisent de ceux de l'élément grossier 4 en changeant les Z.

Une seule couche est construite.

La côte du haut de la pièce est constante et vaut : 1.4

Les arêtes à découper de l'élément grossier 6.

On les déduit de celles de l'élément 4.

Les 8 points grossiers de l'élément grossier 7.

De même ceux de l'élément grossier 1, en changeant les Z conviennent.

Les arêtes à découper de l'élément grossier 7.

On les déduit de celles de l'élément 1.

```

'a
*INTR
  1      0
NOPO.3DUP.6
$ IMPRE NINOPO ( SD EXTERIEJRE )
$ NOM DU FICHIER
*SYMD
  1      0      1
  0      0
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 $ A. B. C. D.
*SAUV
  1      1      0
NOPO.3DUP.6SYM
$ IMPRE NINOPO NTNPO
$ NOM DU FICHIER
*RECO
  1      0      1      2 0.10000E-02 0
  0      0
$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
$ NBNNF NBNSD
*SAUV
  1      2      0
NOPO.3DUP.3
$ IMPRE NINOPO NTNPO
$ NOM DU FICHIER
*ROTA
  1      2      3
  0      0
0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01
0.12000E+03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 $ AXE DE ROTATION
$ TETA. X. Y. Z.
*ROTA
  1      2      4
  0      0
0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01
-0.12000E+03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 $ AXE DE ROTATION
$ TETA. X. Y. Z.
*RECO
  1      2      3      5 0.10000E-02 0
  0      0
$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
$ NBNNF NBNSD
*RECO
  1      5      4      0 0.10000E-02 0
  0      0
$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
$ NBNNF NBNSD
*SAUV
  1      0      0
NOPO.3DUP
$ IMPRE NINOPO NTNPO
$ NOM DU FICHIER
*f

```

Les données permettant de manipuler le $\frac{1}{6}$ du dessus jusqu'à obtention du maillage total du dessus sont créés par le module AAPNOP3 option CREATION cf [108] .

```

'a
'INTR
  1 0
  NOPO.3DDO.6
'SYMP
  1 0 1
  0 0
  0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 $ A. B. C. D.
'RECO
  1 0 1 2 0.10000E-02 0 $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0 0 $ NBNNF NBNSD
'ROTA
  1 2 3
  0 0
  0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01 $ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
  0.12000E+03 0.00000E+00 0.00000E+00 $ NBNNF NBNSD $ AXE DE ROTATION
  0.00000E+00 $ TETA. X. Y. Z.
'ROTA
  1 2 4
  0 0
  0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01 $ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
  -0.12000E+03 0.00000E+00 0.00000E+00 $ NBNNF NBNSD $ AXE DE ROTATION
  0.00000E+00 $ TETA. X. Y. Z.
'RECO
  1 2 3 5 0.10000E-02 0 $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0 0 $ NBNNF NBNSD
'RECO
  1 5 4 0 0.10000E-02 0 $ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
  0 0 $ NBNNF NBNSD
'SYMP
  0 0 1
  0 0
  0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01 0.00000E+00 $ A. B. C. D.
'ROTA
  0 1 2
  0 0
  0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01 $ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
  0.60000E+02 0.00000E+00 0.00000E+00 $ NBNNF NBNSD $ AXE DE ROTATION
  0.00000E+00 $ TETA. X. Y. Z.
'SAUV
  1 2 0
  NOPO.3DDO
'F
  $ IMPRE NINOP0 NTNOP0
  $ NOM DU FICHIER

```

Mêmes opérations pour le dessous.

```

'joint 24 --> joint total
'INTR
  1      C
  nopo.joint.24
'SYMP
  1      0      1
  0      0
  0.10000E+C1  0.00000E+00  0.00000E+00
'RECO
  1      0      1      2      C.10000E-C2      0
  0      0
'SYMP
  1      2      3
  0      C
  0.00000E+00  0.00000E+00  0.10000E+01
'RECO
  1      2      3      0      C.10000E-C2      0
  0      0
'SAUV
  1      0      0
  NOPO-JOINT-6
'ROTA
  1      C      1
  0      0
  0.00000E+C0  0.00000E+C0  0.10000E+01
  -0.30000E+C2  0.00000E+C0  0.00000E+00
'TRAN
  1      1      2
  0      0
  0.00000E+C0  0.34000E+01  0.00000E+00
'ROTA
  1      2      3
  0      0
  0.00000E+C0  0.00000E+C0  0.10000E+01
  0.60000E+C2  0.00000E+C0  0.00000E+00
'ROTA
  1      2      4
  0      0
  0.00000E+00  0.00000E+00  0.10000E+01
  -0.60000E+C2  0.00000E+C0  0.00000E+00
'RECO
  1      2      3      5      C.10000E-C2      0
  0      0
'RECO
  1      5      4      1      C.10000E-C2      0
  0      0
'ROTA
  1      1      2
  0      0
  0.00000E+00  0.00000E+00  0.10000E+01
  0.18000E+03  0.00000E+C0  0.00000E+00
'RECO
  1      1      2      0      C.10000E-C2      0
  0      0
'SAUV
  1      0      0
  NOPO-JOINT
'F

```

\$ IMPRE NINOPO (SC EXTERIEURE)
 \$ NOM DU FICHIER
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBNNF NBNSD
 -0.17000E+01 \$ A. B. C. D.
 \$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBNNF NBNSD
 0.00000E+00 \$ A. B. C. D.
 \$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ IMPRE NINOPO NTNCP0
 \$ NOM DU FICHIER
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBANF NBNSD
 \$ AXE DE RCTATION
 \$ TETA. X. Y. Z.
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ X. Y. Z.
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBANF NBNSD
 \$ AXE DE RCTATION
 \$ TETA. X. Y. Z.
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ AXE DE RCTATION
 \$ TETA. X. Y. Z.
 \$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ IMPRE NIVEA1 NIVEA2
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ AXE DE RCTATION
 \$ TETA. X. Y. Z.
 \$ IMP NIV1 NIV2 NIV3 EPS IOPT
 \$ NBNNF NBNSD
 \$ IMPRE NINOPO NTNCP0
 \$ NOM DU FICHIER

Mêmes opérations pour passer du 1/24 du joint au joint total.

Bibliographie

- [1] P.L. GEORGE, M. VIDRASCU
Guide d'utilisation et Normes de programmation,
brochure Modulef n°1, 1984
- [2] A. PERRONNET
Description des structures de données du Club Modulef
brochure Modulef n°2, 1979.
- [3] P.L. GEORGE, A. MARROCCO, R. PIERROT, F. PISTRE, J. VAZEILLES
Maillage automatique tridimensionnel
Brochure Modulef n°10, 1985.
- [4] P. LAUG
Lecture de cartes-données en format libre
Brochure Modulef n°1 et 44, 1985.
- [5] F. PISTRE
Tracé d'une S.D. NOPO
Brochure Modulef n°96, 1985
- [6] E. SALTEL
Visualisation tridimensionnelle 3D
Rapport Technique INRIA 1985 (à paraître)
- [7] P.L. GEORGE, P. LAUG, F. PISTRE
Construction et modifications de la S.D. NOPO
Brochure Modulef n°99, 1984.
- [8] P.L. GEORGE
Mailleur bidimensionnel du Club Modulef
Brochure Modulef n°104, 1985.
- [9] P.L. GEORGE
Bibliothèque Modulef : quelques réalisations concrètes de maillages
Diaporama INRIA 1985, (à paraître).

Imprimé en France

par

l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique